



**UNIVERSIDAD DE CUENCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA**

**TEMA:**

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL OZONIFICADOR EN EL  
TRATAMIENTO DE AGUA UTILIZADA PARA CONSUMO HUMANO EN LA  
FUNDACION “MARÍA AMOR” DE LA PARROQUIA SAYAUSÍ”.

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE BIOQUÍMICO  
FARMACÉUTICO

**AUTORAS:**

Mayra Diana Neira Neira  
C.I.: 0302429212

Jhesica Tatiana Padilla Vélez  
C.I.: 0302383245

**DIRECTOR:**

Dr. Wilson Giovanni Larriva. Msc.

C.I.: 0102194248

**ASESORA:**

Dra. María Elena Cazar Ramírez. PhD.

**Cuenca - Ecuador**

**2016**



## RESUMEN

En la Fundación “María Amor” de la parroquia de Sayausí, se utiliza un equipo de ozonificación para el proceso de desinfección para obtener agua inocua. En este trabajo, se realizó la evaluación de la eficiencia del ozonificador cuya función es disminuir la carga bacteriana del agua, para lo cual se efectuó el análisis microbiológico de la misma, mediante la determinación de la presencia de coliformes totales y fecales que son empleados como parámetros indicadores de calidad sanitaria del agua.

Para la evaluación de la eficiencia del ozonificador se determinó coliformes totales y fecales mediante el método del NMP (número más probable). Se analizaron 64 muestras, tomadas en la Fundación María Amor, de las cuales 32 corresponden al agua entubada (antes de ser ozonificada) y 32 corresponden al agua ozonificada con este equipo, en ellas se procedió a realizar el análisis microbiológico mediante el método indicada, verificando el cumplimiento de los parámetros establecidos en la normativa ecuatoriana INEN 1108:2014 en cuanto a la calidad microbiológica del agua. Con los resultados obtenidos de la reducción de la carga microbiana se evaluó la eficiencia del equipo de ozonización establecido en la norma mexicana NOM-1809-SSA1-1998.

En los resultados de los parámetros microbiológicos se realizó un análisis descriptivo y de varianza con un nivel de significancia del 5%, en el cual se determinó que los valores de eficiencia estaban por debajo de lo establecido para cumplir con un proceso de ozonificación eficiente.

**PALABRAS CLAVES:** Ozonificación, ozonificador, recuento, eficiencia.



## ABSTRAC

In the "Maria Amor" Sayausí Parish Foundation ozonation equipment is used for the disinfection process to obtain safe water. In this work, the evaluation of the efficiency of the ozonator was performed whose function is to decrease the bacterial load of water, for which the microbiological analysis which was conducted by determining the presence of total and faecal coliforms are used as indicators of health parameters of water quality.

For the evaluation of the efficiency of the ozonator total and fecal coliforms was determined by the method of MPN (most probable number). 64 samples taken at the Mary Love Foundation, of which 32 correspond to piped water (before being ozonated) and 32 for the ozonated water with this equipment, they proceeded to perform microbiological analysis by the indicated method were analyzed, verifying compliance with the parameters established in the Ecuadorian legislation INEN 1108: 2014 regarding the microbiological quality of water. With the results of the reduction of microbial load efficiency of ozonation equipment established in the Mexican standard NOM-1809-SSA1-1998 we were evaluated.

The results of the microbiological parameters descriptive and variance analysis with a significance level of 5%, in which it was determined that the efficiency values were below the established to fulfill a process of efficient ozonation was performed

KEYWORDS: Ozonification, Ozonator, count efficiency.



## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	2
ABSTRAC.....	3
ÍNDICE GENERAL .....	4
ÍNDICE DE TABLAS.....	7
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	8
CLÁUSULA DE DERECHOS AUTOR .....	9
CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL.....	11
DEDICATORIA .....	13
DEDICATORIA .....	14
AGRADECIMIENTO .....	15
OBJETIVOS.....	16
Objetivo General.....	16
Objetivos Específicos.....	16
INTRODUCCIÓN.....	17
CAPÍTULO I.....	19
MARCO TEÓRICO .....	19
1. GENERALIDADES .....	19
1.1. POTABILIZACIÓN DEL AGUA .....	19
1.1.1 DESINFECCIÓN DEL AGUA:.....	20
1.2 MÉTODOS DE DESINFECCIÓN.....	21
1.2.1 Ozono generalidades.....	21
1.2.2 PROPIEDADES DEL OZONO Y SU UTILIZACIÓN EN LA DESINFECCIÓN DEL AGUA.....	22
1.2.2.1 Propiedades del ozono .....	22
1.2.2.2 UTILIZACIÓN EN LA DESINFECCIÓN DEL AGUA.....	23
1.2.2.3 Mecanismos de la desinfección con ozono .....	24
1.2.2.4Subproductos de la desinfección con ozono .....	25
1.2.3 TRATAMIENTO DEL AGUA CON OZONO .....	25
1.2.3.1 Equipos Ozonificadores.....	26
1.2.3.2 Incorporación del ozono al agua.....	27



1.2.4 Ventajas y desventajas de la ozonificación.....	28
1.3. CALIDAD SANITARIA DEL AGUA .....	30
1.3.1 Características microbiológicas del agua potable y su consumo. .	30
1.3.2 Principales causas de contaminación del agua. ....	30
1.3.3 Microorganismos indicadores de contaminación .....	31
1.3.4 Coliformes totales. ....	31
1.3.5 Coliformes fecales. ....	32
1.5 Selección de test bacterianos. ....	32
CAPITULO II .....	34
2. MÉTODOS Y MATERIALES.....	34
2.1. MÉTODOS.....	34
2.1.1 Tipo de estudio, diseño de investigación y análisis estadístico ....	34
2.1.2. Población de Estudio. ....	35
2.1.3 Método de Toma de muestras: .....	35
2.2. MATERIALES Y EQUIPOS .....	35
2.2.1 Requerimientos para muestreo: .....	35
2.2.2 Requerimientos de laboratorio: .....	36
2.2.3 Equipos: .....	36
2.2.4 Reactivos requeridos. ....	36
2.3. EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA Y MÉTODO DE ANÁLISIS .....	37
2.3.1 MÉTODO DEL NÚMERO MÁS PROBABLE Y TUBOS MÚLTIPLES TUBOS MÚLTIPLES.....	37
2.3.1.1 Prueba presuntiva coliformes .....	38
2.3.1.2 Prueba Confirmatoria Para Coliformes Totales: .....	40
2.3.1.3 Prueba confirmativa coliformes fecales .....	41
2.3.1.4 Cálculos.....	42
3. ELABORACION Y PRESENTACION DE RESULTADOS. ....	42
Interpretación de resultados: .....	44
4. EFICIENCIA DEL OZONIFICADOR .....	44
CAPÍTULO III.....	45
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	45
3.1. Análisis descriptivo .....	45



3.1.1. Recuento (media, Desviación Estándar) de Coliformes Totales y Coliformes Fecales, antes y después del proceso de ozonificación. ....	45
3.1.2 Eficiencia (media, Desviación Estándar) (32 resultados).....	48
3.2 t-test de Student pareado de doble cola .....	52
3.2.1. Comparación parámetros microbiológicos entre el agua de entrada y salida mediante t-test de Student.....	52
3.3 ANOVA .....	53
3.3.1 Análisis de varianza de la eficiencia por semana .....	54
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	56
CONCLUSIONES .....	56
RECOMENDACIONES .....	57
GLOSARIO .....	58
BIBLIOGRAFÍA.....	61
ANEXOS .....	64



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Parámetros microbiológicos del agua de entrada y salida expresados como media $\pm$ desviación estándar (mín-máx).....	36
Tabla N° 2 Eficiencia del ozonificador expresada como media $\pm$ desviación estándar (mín-máx).....	39
Tabla N° 3 Comparación entre Coliformes totales de entrada y salida mediante un t-test de Student. ....	41
Tabla N° 4 Comparación entre Coliformes Fecales de entrada y salida mediante un t-test de Student. ....	42
Tabla N° 5 ANOVA para los coliformes totales .....	43
Tabla N° 6 ANOVA para los coliformes fecales .....	43
Tabla N° 7 Primera semana resultados.....	67
Tabla N° 8 Segunda semana resultados.....	68
Tabla N° 9 Tercera semana resultados.....	69
Tabla N° 10 Cuarta semana resultados .....	69
Tabla N° 11 Primera semana códigos.....	70
Tabla N° 12 Segunda semana códigos.....	70
TABLA N°13 Tercera semana códigos.....	71
Tabla N° 14 Cuarta semana códigos.....	72



## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N 1 Media de Coliformes Totales y Fecales .....	37
Gráfico N 2 Comportamiento de los coliformes totales y fecales de salida.. ....	38
Gráfico N 3 Eficiencia media de coliformes totales y fecales.....	40
Gráfico N 4 Comportamiento de la eficiencia de coliformes totales y fecales. .	40





## CLÁUSULA DE DERECHOS AUTOR



Universidad de Cuenca  
Clausula de derechos de autor

MAYRA DIANA NEIRA NEIRA, autora de la tesis "EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL OZONIFICADOR EN EL TRATAMIENTO DE AGUA UTILIZADA PARA CONSUMO HUMANO EN LA FUNDACION "MARÍA AMOR" DE LA PARROQUIA SAYAUSÍ.", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Bioquímico Farmacéutico. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, 19 de julio del 2016

MAYRA DIANA NEIRA NEIRA

C.I: 030242921-2



Universidad de Cuenca  
Clausula de derechos de autor

JHESICA TATIANA PADILLA VÉLEZ, autora de la tesis "EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL OZONIFICADOR EN EL TRATAMIENTO DE AGUA UTILIZADA PARA CONSUMO HUMANO EN LA FUNDACION "MARÍA AMOR" DE LA PARROQUIA SAYAUSÍ.", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Bioquímico Farmacéutico. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, 19 de julio del 2016

JHESICA TATIANA PADILLA VÉLEZ

C.I: 030238324-5



## CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL



Universidad de Cuenca  
Clausula de propiedad intelectual

MAYRA DIANA NEIRA NEIRA, autora de la tesis "EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL OZONIFICADOR EN EL TRATAMIENTO DE AGUA UTILIZADA PARA CONSUMO HUMANO EN LA FUNDACION "MARÍA AMOR" DE LA PARROQUIA SAYAUSÍ.", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 19 de julio del 2016

MAYRA DIANA NEIRA NEIRA

C.I: 030242921-2



Universidad de Cuenca  
Clausula de propiedad intelectual

JHESICA TATIANA PADILLA VÉLEZ, autora de la tesis: "EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL OZONIFICADOR EN EL TRATAMIENTO DE AGUA UTILIZADA PARA CONSUMO HUMANO EN LA FUNDACION "MARÍA AMOR" DE LA PARROQUIA SAYAUSÍ.", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 19 de julio del 2016

JHESICA TATIANA PADILLA VÉLEZ

C.I: 030238324-5



## DEDICATORIA

A dios por darme la vida, la salud, la sabiduría y la constancia para enfrentar todos los obstáculos que he tenido en mi vida.

A mis queridos padres Marianita y José por acompañarme en todos los momentos grandiosos de mi vida, por tanto amor incondicional a diario, gracias por ser los mejor padres del mundo.

A mis hermanos Franklin y José porque con sus locuras han alegrado mi vida y por permitirme que a pesar de mis errores ser su ejemplo.

A mi más grande tesoro, mi hijo Joseph por ser el motivo para despertar todos los días y seguir luchando para ser su mejor ejemplo y a su padre Valentín por haberme enseñado la mejor escuela: la vida.

A mis abuelitos María y Miguel por darme su apoyo, cariño y compartir sus anécdotas y su alegría; y también a mis abuelitos María E. y Jesús (+) por bendecirme y guiarme desde el cielo.

A todos mis familiares y amigos que de una u otra manera me han apoyado a lo largo de este trabajo para poder cumplir una de mis más anheladas metas para poder llegar a ser una gran persona.

May.



## DEDICATORIA

A Dios por darme la vida y bendecirme cada día. A mí apreciado abuelito Rigoberto (+) por sus sabios consejos y ejemplo de superación. A mis abuelitas Esthela y Rosario que con su amor y ternura me han brindado apoyado en cualquier circunstancia y que con sus experiencias me han enseñado cada día a valorar todo lo que tengo.

A mis padres Efraín e Isabel, por estar conmigo en todo momento, darme la fortaleza y apoyo para enfrentar cada reto en mi vida siendo un ejemplo de lucha y constancia.

A mis hermanos Diana, David y Nube por brindarme su apoyo incondicional. A mis sobrinos Christopher, Juan David, Alfredo, Jorge y Pablito quienes han sido y son mi motivación, inspiración y felicidad, gracias por brindarme su cariño, apoyo y comprensión en todo momento.

A todos mis familiares y amigos que de una u otra forma me brindaron su apoyo impulsándome a seguir adelante.

Tatiana P.



## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por guiarnos y bendecirnos cada día y mostrarnos que con perseverancia todo sacrificio tendrá su recompensa sobre todo en nuestro sueño y grande anhelo de alcanzar una etapa más en nuestras vidas al ser profesionales . A nuestros padres excepcionales que nos han guiado y acompañado desde el inicio de nuestras vidas, que con enseñanza, sabiduría, apoyo y amor se han mostrado como un digno ejemplo a seguirles, enseñándonos a alcanzar nuestras metas.

A nuestro director de tesis, Dr. Giovanni Larriva. Msc, por su invaluable bondad, paciencia, enseñanza y motivación en el desarrollo del presente trabajo. A la Dra. María Elena Cazar PhD, nuestra asesora, por su colaboración desinteresada. A la Dra. Johana Ortiz por su acertada asesoría clara, eficaz y pertinente demostrando una vez más su compromiso profesional en el apoyo generoso para el desarrollo de los profesionales en las áreas de su amplia experiencia.

Al personal administrativo de la fundación “María Amor” en especial a la Ing. Marlene Villavicencio por permitirnos realizar nuestro trabajo de campo en sus instalaciones demostrando invaluable confianza hacia nuestro trabajo. A nuestros queridos maestros que nos han impartido sus sabios consejos y enseñanzas durante nuestra formación académica y nos han impulsado a seguir adelante persiguiendo nuestros sueños y a todas las personas que de una u otra manera apoyaron a culminar este trabajo.



## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Evaluar la eficiencia del ozonificador en el tratamiento de agua utilizada para consumo humano en la Fundación María Amor en la parroquia Sayausí mediante la búsqueda de microorganismos: coliformes totales y coliformes fecales.

### **Objetivos Específicos**

1. Investigar la presencia de bacterias del grupo coliforme en el agua de consumo mediante la técnica del NMP.
2. Determinar la calidad microbiológica del agua de entrada y salida del ozonificador de la Fundación María Amor.
3. Comparar y analizar los valores obtenidos de la muestra de agua de entrada y salida del ozonificador.
4. Determinar si el agua de consumo por parte de los usuarios de la Fundación María Amor cumple con lo establecido por la norma INEN 1108:2014 de agua potable.
5. Determinar la eficiencia del equipo de ozonización teniendo en cuenta la normativa NOM-180-SSA1-1998.





## INTRODUCCIÓN

Actualmente, gran parte del agua de abasto que consume la población es servida a través de acueductos, pero los sistemas de tratamiento y sobre todo las redes de distribución no siempre garantizan la óptima calidad del líquido vital (principalmente, microbiológica) y por tanto, una completa protección contra las enfermedades transmitidas por un agua insuficientemente tratada. Sin embargo, aunque esta reciba tratamiento, en muchos lugares antes de consumirla se almacena en cisternas o tanques que pueden dar lugar a una posterior contaminación (ElietVéliz L. y Colaboradores, 2005).

La demanda de agua para consumo humano requiere que tenga características de calidad sanitaria (libre de microorganismos) y de potabilización que garanticen su utilización, esto sólo se puede lograr mediante un correcto control microbiológico; paralelamente y como parte de las soluciones para garantizar la calidad del agua potable, se han desarrollado pequeños equipos para su ozonización, ya que es muy conveniente disponer de un pequeño sistema de tratamiento de agua propio que garantice su desinfección antes de ser consumida (ElietVéliz L. et al, 2005).

En la fundación “María Amor” de la Parroquia Sayausí el agua destinada para el consumo humano interno, es tomada de una red (San Miguel de Putushí) que llega desde fuentes que no están sujetas a una vigilancia sanitaria sistemática por parte de profesionales. Esta situación implica un riesgo para los usuarios de la fundación, a adquirir enfermedades infecciosas transmitidas a través del agua. Como prevención a esta situación, la fundación construyó hace 2 años, un reservorio de agua en el cual se instaló un equipo de ozonificación para garantizar que el agua que se consume en la fundación cumpla con las características de un agua de calidad sanitaria.

Los administradores manifiestan que desde hace un año, en la fundación se viene presentado algunos problemas de salud, especialmente infecciones



gastrointestinales, creen que podría deberse al consumo de agua, ya que no ha habido un programa de mantenimiento adecuado de este reservorio, ni de controles microbiológicos sistemáticos y peor aún un programa de control de mantenimiento y evaluación de la eficiencia del equipo de ozonificación por parte de técnicos, que garantice su adecuado poder desinfectante, en parte por la limitación de los recursos monetarios como recursos humanos calificados.

El objetivo de este trabajo es evaluar la eficacia del equipo de ozonificación y determinar la calidad sanitaria del agua consumida por la Fundación “María Amor”. La información de los resultados obtenidos en este estudio servirá a los administradores de la Fundación para tomar decisiones en cuanto a la utilización del equipo.

La determinación de la calidad de agua se realizará mediante indicadores microbiológicos: Coliformes totales y fecales, fundamentales para conocer qué tipo de agua utiliza la fundación en su captación y en su proceso de desinfección.

En cuanto a la evaluación de la eficacia del equipo de ozonificación incluyó el control de sus condiciones de operación en funcionamiento continuo y el poder de eliminación de organismos microbiológicos patógenos, que se encuentren en el agua de entrada al equipo, así como la calidad microbiológica del agua obtenida, lo que permitirá recomendar las mejores condiciones de operación del equipo.



## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO

#### 1. GENERALIDADES

El agua es indispensable para la vida, ya que prácticamente todas las reacciones biológicas tienen lugar en el medio acuoso. (Santos, 2008). Se estima que el agua es un solvente natural, porque es capaz de disolver la mayoría de sustancias, por ello la importancia de conservar y mantener las fuentes naturales libre de contaminantes para garantizar su uso. (SAP, 2012).

La contaminación de aguas superficiales es un problema cada vez más grave, debido a que estas se usan como destino final de residuos domésticos e industriales sobre todo en las áreas urbanas; provocando la alteración de la calidad de estas aguas naturales que en algunos casos llegan a estar tan contaminadas que su potabilización resulta muy difícil, teniendo muchas veces que utilizar procesos químicos sofisticados y equipos costosos. (Aznar, 2000)

Debido a la amplia gama de contaminantes que provocan alteración en la calidad de agua, la cual puede ser causada tanto por efectos naturales, o por la actividad antrópica industrial, agropecuaria y doméstica es preciso conocer las características físicas, químicas y biológicas del agua antes de seleccionarla como fuente de agua independientemente de su origen. (Aznar Jiménez, 2000)

#### 1.1. POTABILIZACIÓN DEL AGUA

**Agua potable.** Es el agua que se distribuye al usuario que puede ser empleada con seguridad para ingesta humana y para uso doméstico. El agua potable es un resultado que comprende parámetros químicos, físicos y bacteriológicos del agua en origen y de la distribuida después de someterla a tratamiento y desinfección, cuya función esencial es satisfacer la sed sin amenazar la salud ni la vida. (Spellman & Drinan, 2004).



En la norma NTE INEN 1108: 2014 se manifiesta que uno de los parámetros microbiológicos referenciales para la consideración de agua potable es basado en la determinación de Coliformes fecales. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014).

### **1.1.1 DESINFECCIÓN DEL AGUA:**

La desinfección del agua se refiere a la inactivación o a la destrucción de los microorganismos especialmente patógenos que son causantes de enfermedades, los cuales pueden producir daño a la salud de los consumidores, su intensidad y gravedad varía dependiendo de muchos factores, entre ellos: edad y condición física del consumidor, así como el tipo de microorganismo causante de la enfermedad y de la concentración en el agua del agente infeccioso. (Romero, 2008).

La desinfección es la etapa final del proceso de potabilización del agua, es la etapa más importante de la potabilización, en algunos casos en las plantas de tratamiento básico, ésta es la única etapa del proceso. (Romero, 2008).

Mediante el proceso de desinfección se provoca la destrucción de la pared celular y membrana celular de los microorganismos debido a la corrosión, se produce cambios en la permeabilidad, de esta situación trae problemas en la actividad enzimática que evita la multiplicación de los microorganismos (Romero, 2008).

Aunque en países que cuentan con materiales para el control y tratamiento de aguas; son muy esporádicos los casos de brotes infecciosos por consumo de aguas infectadas; en los países subdesarrollados las tasas de morbilidad y mortandad por aguas contaminadas con microorganismos patógenos son aún muy altas y causan millones de víctimas cada año. (Romero, 2008).



## 1.2 MÉTODOS DE DESINFECCIÓN

La desinfección del agua puede llevarse a efecto por diferentes métodos tales como: utilización de agentes químicos y utilización de medios físicos. Cada uno de ellos tiene sus ventajas y sus desventajas, por lo que hay que tomar en serio y ser cuidadosos con las implicancias de la desinfección, se emplean uno u otro método según sean las circunstancias. ( Solsona & Méndez , 2002).

En este trabajo nos centraremos en el proceso de desinfección del agua mediante la utilización de medios físico –químicos, donde el equipo es un generador de un agentes químico, es decir, este medio se basa en la utilización del equipo de ozonificación y la producción del gas ozono como desinfectante.

### 1.2.1 Ozono generalidades

Las moléculas de ozono contienen tres átomos de oxígeno ( $O_3$ ) (Shakhashiri, 2007), es un oxidante enérgico, se emplea para la desinfección del agua, con eficacia en materiales orgánicos e inorgánicos sustancias que dan olor, color y sabor deplorable al agua, tiene un poder desinfectante superior al cloro así como en la eliminación de bacterias, virus y otros microorganismos. Su potencial de oxidación es 2,07 voltios, mientras el del cloro es 1,36 voltios.(RODRÍGUEZ, 2007).

El ozono se genera al tener contacto con el agua. Poco tiempo después de que el ozono es generado en el agua, éste se separa formando varias especies oxidantes distintas, la principal de las cuales es el radical libre  $OH$ . Al ocurrir este proceso, el átomo libre de oxígeno busca toda partícula foránea presente en el agua (incluyendo microorganismos y moléculas orgánicas) y reacciona químicamente con ellas, atacan la estructura celular de los microorganismos. Estas reacciones crean un medio en el que las bacterias y otra materia orgánica se desglosan al ponerse en contacto con los radicales libres. Esto protege al agua de la contaminación bacteriana propagada a través del agua. (Swancarra, 2008).



En el agua almacenada no hay residuos de ozono y hay la posibilidad de que las bacterias vuelvan a crecer por lo que es importante que el agua tratada con ozono pase directamente a una fuente de consumo. Las variables que determinan la efectividad del ozono para eliminar bacterias son el tiempo de contacto y la concentración de ozono residual que se logra en el agua de producto. (Swancarra, 2008).

## **1.2.2 PROPIEDADES DEL OZONO Y SU UTILIZACIÓN EN LA DESINFECCIÓN DEL AGUA.**

### **1.2.2.1 Propiedades del ozono**

El ozono es conocido desde hace más de un siglo. En 1840 se le denominó con el nombre actual “ozein”, que significa heder, oler. En 1857 se diseñó un generador y en 1906 se usó por primera vez en una planta de tratamiento de agua, en Niza, Francia. ( Deininger, 2000).

En el Ecuador existen varias empresas comerciales que ofrecen servicios de desinfección del agua mediante la instalación de equipos de ozonificación. Desde hace muchísimos años se viene utilizando el ozono en la desinfección del agua lo cual ha asegurado que la destrucción de microorganismos es mejor que otros métodos utilizados. (Vidal, 2013).

Bacteriólisis es la palabra con la que se le denomina a la desinfección con ozono, el ozono penetra creando un agujero en la pared bacteriana y se forma una capa de ozono en esta y luego del contacto con algunas moléculas de ozono y la pared celular bacteriana se produce una lisis celular, (Vidal, 2013), destruyéndose y transformándose en compuestos inocuos al instante. (Iglesias, 2002).

El tiempo de contacto, la concentración, la temperatura del aire, el pH y las sustancias orgánicas e inorgánicas, son parámetros que intervienen en la



calidad de desinfección del ozono, a un pH y temperatura baja la desinfección aumenta, el ozono es considerado como uno de los agentes microbicidas más rápido y eficaz que se conoce debido propiedades oxidantes. Su acción tiene un extenso espectro que abarca la eliminación de:

- ✓ Bacterias (Efecto bactericida).
- ✓ Virus (Efecto viricida )
- ✓ Hongos (Efecto fungicida).
- ✓ Esporas (Efecto esporicida). (Vilella, 2010).

#### **1.2.2.2 UTILIZACIÓN EN LA DESINFECCIÓN DEL AGUA.**

El ozono ( $O_3$ ) es un gas alótropo del oxígeno. Es un gas inestable a temperatura y presión del ambiente, que rápidamente se descompone formando molécula de oxígeno ( $O_2$ ). Por lo que es necesario usar inmediatamente ya que no se puede almacenar o envasar. Por lo general, la ozonización se utiliza cuando se requiere su propiedad más importante: su elevado potencial oxidante, que permite eliminar los compuestos orgánicos que dan color, sabor u olor desagradables al agua y, al mismo tiempo, cuando se desea inactivar los microorganismos patógenos del agua. Una particularidad significativa de la ozonización es la ausencia de efecto residual, siendo una ventaja ya que de no ser así y si el ozono se mantuviese en el agua le daría un sabor desagradable, pero es preciso certificar la calidad del agua hasta que llegue al consumidor mediante algún efecto residual. (Salsona F& Méndez JP, 2002).

A pesar de sus excelentes propiedades, su uso se ha condicionado a ciudades grandes con fuentes de agua muy contaminadas y no es muy empleado en comunidades pequeñas y de porte medio, debido a su costo inicial y el de operación, así como las dificultades de operación y mantenimiento. No obstante, cuando las fuentes de agua accesibles están muy contaminadas (biológicamente), puede ser el método más recomendable para la oxidación de las sustancias orgánicas y desinfección primaria, siempre que cuente con la



adición de un sistema de cloración secundario para mantener el efecto residual durante su distribución.

La ozonización se ha experimentado y analizado extensamente. En la actualidad, se manipulan equipos de ozonización de capacidad menor que empiezan a ser económicamente factibles, lo que permitirá su aplicación en comunidades pequeñas. (Salsona F& Méndez JP, 2002).

La desinfección por ozonización reside en adicionar cantidades suficientes de ozono de forma rápida, de manera que compense la demanda y mantenga un residuo de ozono durante un tiempo suficiente para asegurar la inactivación o destrucción de los microorganismos. En la mayoría de los sistemas de abastecimiento de agua la demanda de ozono suele ser mayor a la de cloro, debido a su gran potencial de oxidación. Los procesos de desinfección por ozono normalmente tratan de mantener un residual mínimo de 0,4 a 0,5 ppm después de 10 a 20 minutos de contacto con el agua. (Solsona F& Méndez JP 2002).

### **1.2.2.3 Mecanismos de la desinfección con ozono**

Este mecanismo tiene el principio del alto poder oxidante protoplasmático general del ozono, lo que convierte al ozono en un desinfectante eficiente con una evidencia que sugiere es efectivo para atacar virus, esporas y quistes resistentes de bacterias y hongos. (Solsona F& Méndez JP 2002).

La capacidad desinfectante del ozono depende de la dosis suministrada a diferencia del cloro que depende de su período de retención en el agua. Esto se debe al alto potencial oxidante produciendo gran inestabilidad del ozono, incluso en el agua destilada, por lo que habrá ozono remanente y por un corto tiempo solo cuando toda la materia con alta capacidad de oxidación haya sido oxidada. Hay que determinar adecuadamente la demanda de ozono y tener en cuenta la dificultad que reviste determinar el residual para asegurar una desinfección completa. (Solsona F& Méndez JP 2002).





Al igual que con otros desinfectantes hay que tener en cuenta que la eficacia del ozono depende de su contacto con los microorganismos, por lo que debe evitarse que estos se agrupen y protejan (si el agua es turbia) y también se debe proveer algún sistema de mezcla o contacto con el ozono antes que el gas se disipe. (Solsona F& Méndez JP 2002).

#### **1.2.2.4 Subproductos de la desinfección con ozono**

En cuanto al nivel de concentración del ozono en la desinfección para un agua inocua, no se ha reportado ningún efecto adverso directo sobre la salud. No obstante, al igual que el cloro, el ozono puede producir subproductos (SPD) como los bromatos, el ácido bromoacético, el bromoformo, los aldehídos, las cetonas y los ácidos carboxílicos. Entre los cuales, los aldehídos son posiblemente los de mayor inquietud para la salud, pero la investigación aún es escasa para evaluar los peligros de la exposición a los mismos en el agua potable.

Como en el caso del cloro, se deben medir los riesgos para la salud por la ausencia de desinfección y los riesgos para la salud por la presencia de subproductos. Dado que aún existen diversos campos de investigación que deben investigarse con referencia a los SPD de la ozonización de aguas naturales o tratadas, los ensayos actuales indican que desde el punto de vista de los efectos para la salud, la ozonización podría considerarse segura. (Solsona F& Méndez JP 2002).

#### **1.2.3 TRATAMIENTO DEL AGUA CON OZONO**

Los sistemas de ozonización constan de cinco componentes básicos: la unidad de preparación de gas (que puede ser tanto aire u oxígeno puro); el generador de ozono, la fuente de energía eléctrica, el contactor y la unidad para la eliminación del gas sobrante. (Solsona F& Méndez JP 2002)



### 1.2.3.1 Equipos Ozonificadores

El mecanismo primordial en el proceso de ozonización es el equipo y el método utilizado para agregar ozono en el agua y aprovechar su propiedad desinfectante. El Equipo para crear ozono e inyectar ozono en el agua que se va a tratar debe tener:

- a. **Concentrador de oxígeno.**-Un buen sistema de adsorción de cambios de presión es altamente recomendado. Este equipo elimina el nitrógeno y la humedad de la corriente de aire y distribuye un 90 % o más de corriente de oxígeno seco al generador de ozono para mayores concentraciones de ozono. ( Deininger, 2000).
- b. **Generador de ozono.**-Se recomienda una correcta unidad de descarga de corona de alta frecuencia. Estas unidades son capaces de producir concentraciones de ozono en la corriente de aire de 4% al 6% por peso. El ozono es creado mientras la corriente de oxígeno viaja a través de la celda dieléctrica de descarga de corona del generador de ozono. ( Deininger, 2000).
- c. **La carga eléctrica apropiada.**- con la frecuencia correcta creará una concentración de ozono de alta calidad. Algunos fabricantes de equipo no clasifican sus generadores de manera precisa y no hay verdaderos estándares de unidad de ozono en la industria que puedan ser utilizados de manera confiable para juzgar la producción de una unidad ( Deininger, 2000).
- d. **Inyector Venturi.**Un inyector de tipo Venturi, bueno y del tamaño apropiado es absolutamente necesario para asegurar la formación de pequeñas burbujas de micro-tamaño cuando la corriente ozonizada de aire es succionada en la corriente del agua de producto. Un arreglo bien diseñado es capaz de atrapar ozono en el agua con una eficiencia del 95 % o más. ( Deininger, 2000).



**e. Tanque de contacto.**-Un tanque de contacto de tamaño adecuado es necesario para permitir más gas en la solución. Además permite un tiempo de contacto adecuado para el agua con el ozono para oxidar los contaminantes, o para desinfectar el agua y soltar todo exceso de gas que no entró en la solución. (Swancarra, 2008).

### 1.2.3.2 Incorporación del ozono al agua

En la incorporación del ozono en el agua para que se active se debe considerar la fuente de procedencia del agua, el volumen a tratar entre otros como la temperatura, la presión en el punto de aplicación. Estos datos, nos permitirán elegir un modelo apropiado del ozonificador para el tratamiento de agua. (Vilella, 2010)

La transferencia del ozono al agua se rige por la LEY DE HENRY, es decir, que *“las cantidades disueltas van en función de la presión parcial en el punto de aplicación y la temperatura en la interfase”*. La temperatura del agua, la agitación, los sistemas de aportación de ozono, el grado de materia orgánica, pH, etc. Variarían sustancialmente los tiempos de contacto necesarios por ejemplo, si la temperatura del agua es baja, favorece la acción germicida del ozono y el tiempo de ozonificación será menor. (MEYRATH, 2005)

Los ozonificadores al ser instalados deben estar en funcionamiento casi constante y en circuito cerrado, la ozonificación da mejores resultados a la cloración. Para la determinación de la eficiencia de estos equipos se utiliza como indicadores biológicos de contaminación y desinfección la determinación de la bacteria de origen fecal E. Coli. Así podemos ver que en estudios realizados en 1.955, por WUHRMANN y MEYRATH emplearon un residual de ozono muy pequeño ( $r = 0,6 \text{ mg. O}_3/\text{m}^3 \text{ agua}$ ). En 2,5 minutos esta concentración de ozono disuelta en agua resultó bactericida para el E. Coli, con un porcentaje de eficiencia del 100 % (MEYRATH, 2005)



Ellos afirman que “*La mejor prueba que existe es el análisis bacteriológico antes y después de la ozonización del agua, con el problema real*”. El poder bactericida del ozono es conocido y se le utiliza como desinfectante desde hace más de cien años. Una vez consumido el ozono necesario en eliminar la materia orgánica, con mínimos aportes suplementarios se alcanzan efectos muy satisfactorios en tiempos muy cortos. (MEYRATH, 2005).

La ozonización es el proceso de incorporar el ozono al agua, es el método más seguro de desinfección sin importar el tratamiento, por ello, en principio, podemos considerar en ozonizar las aguas de utilización habitual, si queremos tener la seguridad de su pureza y calidad, especialmente en plantas pequeñas y realizar la etapa completa de desinfección con ozono. El principal objetivo de un tratamiento con ozono es la desinfección parcial o total del agua, mismo tiene objeto si antes se ha realizado una correcta depuración y clarificación del agua. (MEYRATH, 2005).

#### **1.2.4 Ventajas y desventajas de la ozonificación**

La importancia principal de los procesos de oxidación para la desinfección es que gran parte del ozono generalmente será consumido por otras sustancias que suelen estar presentes en el agua y habrá que satisfacer esa demanda antes de asegurar la desinfección.

Desde el punto de vista de la eficiencia se puede citar algunas ventajas y desventaja:

- ✓ Elimina el color causado por el hierro, manganeso o la materia carbonosa, los sabores y olores debido a la presencia de materia orgánica.
- ✓ Reduce la turbiedad, el contenido en sólidos en suspensión y las demandas químicas (DQO) y biológicas (DBO) de oxígeno.



- ✓ El ozono es un poderoso desinfectante. No sólo elimina las bacterias patógenas sino que, inactiva los virus y otros microorganismos que no son sensibles a la desinfección ordinaria con cloro.
- ✓ Si no hay posterior recontaminación, el ozono residual es suficiente para efectuar una desinfección común.
- ✓ El ozono puede ser detectado por el hombre mucho antes de que llegue al nivel tóxico.
- ✓ No produce en el agua aumento en el contenido de sales inorgánicas ni subproductos nocivos.
- ✓ La ozonización cuenta con la desventaja de que el ozono tiene una vida activa en el agua de unos veinticinco minutos de media.
- ✓ El agua tratada con ozono debe serlo in situ e instalarse los medios para hacerlo ya que éste no se puede transportar.
- ✓ La ozonización puede producir ácido nítrico u óxido nítrico, produciendo efectos corrosivos en los aparatos usados para tratar el agua con ozono.
- ✓ La ozonización, en el caso de los operarios que trabajan con las grandes máquinas para tratar el agua, deben tomar precauciones en su uso y exposición al ozono. Estas deben estar estipuladas para salvaguardar la salud de éstos, ya que los poderes oxidantes del ozono pueden afectar a los ojos y pulmones.

En definitiva, el ozono realiza las siguientes funciones en el agua: degradación de sustancias orgánicas, desinfección, inactividad de los virus, mejora sustancialmente sabores y olores, eliminación de colores extraños, eliminación de sales de hierro y manganeso, floculación de materias en suspensión, eliminación de sustancias tóxicas. ( Romero, 2008)



### **1.3. CALIDAD SANITARIA DEL AGUA**

#### **1.3.1 Características microbiológicas del agua potable y su consumo.**

La correcta potabilización del agua es de vital importancia para que el ser humano se desarrolle saludablemente. El agua es el principal medio de transmisión de enfermedades, a través de agentes patógenos como virus, bacterias, protozoos, etc que atacan al ser humano.

Las enfermedades producidas por estos agentes patógenos causan la muerte de millones de personas cada año principalmente en países en vías de desarrollo, los más afectados son los niños. La causa principal de este problema es el abastecimiento de agua insalubre con una deficiente higiene y sanamiento, consecuencia del proceso de potabilización inadecuado del agua. (Adams, 2009) En consecuencia podemos decir que el agua de consumo humano es de buena calidad cuando es salubre y limpia; es decir, cuando no contiene microorganismos patógenos capaces de afectar adversamente la salud de los consumidores.

#### **1.3.2 Principales causas de contaminación del agua.**

El grado de contaminación del agua producida a nivel mundial es generado principalmente por el hombre y en menor medida por la naturaleza. De manera antropogénica se genera por: vertidos de residuos domésticos e industriales, deforestación, fertilizantes en exceso, etc. Mientras que de manera natural se da por: precipitación del agua, resuspensión de los sedimentos, descomposición y excreción de organismos, etc. La contaminación conlleva a la eutrofización del agua que es el proceso por el cual el agua tiene concentraciones elevadas de nutrientes, que favorece el desarrollo de vegetación y microorganismo que disminuyen el oxígeno del agua, ello



incrementa la materia orgánica en descomposición, mala calidad del agua, mal olor, etc. ( MORETA POZO, 2009)

### **1.3.3 Microorganismos indicadores de contaminación**

El cambio en el ecosistema acuático es un principal indicador para establecer que existen alteraciones en el mismo, pero para especificar situaciones puntuales de la calidad sanitaria del agua, se requiere de análisis microbiológicos para determinar la concentración de ciertos microorganismos de origen fecal. Entre estos microorganismos de origen fecal se tienen: las bacterias entéricas del en tracto gastrointestinal del hombre y los animales de sangre caliente, que son eliminadas a través de la materia fecal al agua. Para determinar la concentración bacteriana se usa el grupo de las bacterias Coliformes por su detección rápida, simple y cuyo ciclo de vida en el agua es mayor.(Arcos Pulido & Ávila de Navia, 2005).

Las bacterias entéricas conforman ciertos grupos denominados como los Coliformes totales (llamadas bacterias intestinales), Coliformes fecales (de origen intestinal), las mismas son de especial interés ya que pueden causar infecciones en el tracto respiratorio, bacteremía, infecciones en la piel, enfermedades diarreicas, entre otras. Entre los indicadores de calidad sanitaria, el grupo de bacterias Coliformes ha sido siempre el principal indicador de la calidad de los distintos tipos de agua; el número de Coliformes en una muestra, se usa como criterio de contaminación y por lo tanto, de calidad sanitaria de la misma. (SILVA J, RAMIREZ L, ALFIERI A, RIVAS G, SANCHEZ S, 2004).

### **1.3.4 Coliformes totales.**

Los organismos del grupo Coliforme son buenos indicadores de la calidad sanitaria del agua potable, esto se debe principalmente a que son fáciles de detectar. Estos son microorganismos Gram-negativos, aerobios o anaerobios facultativos de forma cilíndrica no esporulados que se caracterizan por fermentar



la glucosa y lactosa con producción de gas en cultivos a 35° o 37°C durante un tiempo de incubación de 48 horas. Si se detecta coliformes en sistemas de tratamiento de abastecimiento de agua potable es indicativo que el tratamiento no fue adecuado o posiblemente se produjo contaminación posterior por lo que al realizar la determinación de bacterias coliformes sirve para monitorear la calidad microbiana del agua y como indicativo de la eficiencia del proceso de tratamiento efectuados en los sistemas de abastecimiento (AMERICAN PUBLICHEALTHASSOCIATION, 2000).

### **1.3.5 Coliformes fecales.**

Los coliformes fecales son tipos de coliformes que además fermentan la lactosa con producción de ácido y gas en 24 - 48 horas a temperaturas comprendidas entre 44 y 45°C, en presencia de sales biliares indican que hay contaminación del agua con heces fecales humanas. Los coliformes fecales comprenden principalmente *Escherichia coli* y algunas cepas de *Enterobacter* y *Klebsiella*. Su origen es principalmente fecal y por esos se consideran índices de contaminación fecal. Pero el verdadero índice de contaminación fecal es *Escherichia coli* tipo I ya que su origen fecal es seguro. Se ha demostrado que esta bacteria siempre está presente en un número elevado en las heces de humanos y animales de sangre caliente y comprende casi 95% de los coliformes en las heces (U.SALAMANCA, 2010).

### **1.4 Selección de test bacterianos.**

La determinación de microorganismos *coliformes totales* por el método del número más probable (NMP), se fundamenta en la capacidad de este grupo microbiano de fermentar la lactosa con producción de ácido y gas al incubarlos a 35°C ± 1°C durante 48 h., utilizando un medio de cultivo que contenga sales biliares.

Esta determinación consta de dos fases: presuntiva y confirmativa.





En la fase presuntiva el medio de cultivo utilizado es el caldo lauril sulfato de sodio que permite la recuperación de los microorganismos dañados presentes en la muestra y capaces de utilizar a la lactosa como fuente de carbono.

Durante la fase confirmativa se emplea como medio de cultivo caldo lactosado bilis verde brillante, es selectivo y permite el desarrollo de microorganismos capaces de tolerar tanto las sales biliares como el verde brillante y son termoresistentes. La determinación del número más probable de microorganismos coliformes fecales se realiza a partir de los tubos positivos de la prueba presuntiva y se fundamenta en la capacidad de las bacterias para fermentar la lactosa y producir gas cuando son incubados a una temperatura de  $44.5 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$  por un período de 24 a 48 h. (Camacho, Giles, & Ortégón, 2009).



## CAPITULO II

### 2. MÉTODOS Y MATERIALES

#### 2.1. MÉTODOS

##### 2.1.1 Tipo de estudio, diseño de investigación y análisis estadístico

**Tipo de estudio:** comparativo, analítico, prospectivo longitudinal a panel.

**Diseño de la investigación:** No experimental.

**Pruebas de diagnóstico:** presuntiva y confirmativa

**Análisis estadístico:** se determinará tres paquetes de datos.

##### 1. Análisis descriptivo.

- Recuento (media, Desviación Estándar) de Coliformes Totales y Coliformes Fecales, antes y después del proceso de ozonificación.
- Eficiencia (media, Desviación Estándar) (32 resultados)

2. **T-test de Student pareado de dos colas.-** (para comprobar diferencias entre 2 poblaciones: entrada vs salida). Significancia de la prueba--> $p < 0.05$

- **Diferencia en recuentos de CT y CF por la ozonificación.**  
Con la finalidad de determinar si existe o no una diferencia significativa entre los coliformes totales y fecales al entrar y salir del ozonificador,

3. **ANOVA.-** para evaluar las distintas semanas de toma de muestra.

- Diferencia en recuentos de CT y CF según la semana de toma de muestra.



### 2.1.2. Población de Estudio.

El estudio propuesto se llevó a cabo en la Fundación “María Amor” en la parroquia de Sayausi. En un total de 64 muestras de agua.

Las muestras fueron tomadas de la siguiente manera; 32 muestras de entrada de agua al ozonificador (agua tratada de San Miguel de Putushi) y 32 muestras de salida del ozonificador (agua desinfectada).

### 2.1.3 Método de Toma de muestras:

Las muestras para el análisis bacteriológico, se realizó en frascos muestreadores que fueron lavados con extremo cuidado y esterilizado se llenó de la muestra, cubriendo además el tapón del frasco hasta el cuello con papel aluminio según las normas NTE INEN 2 169:98.

Para el análisis microbiológico se tomó un total de 32 muestras tanto de entrada como de salida, dando un total de 64 muestras en un periodo de 1 mes, 4 semanas, el muestreo se efectuó 2 veces al día: 8:00 am, 14:00 para la entrada de agua al ozonificador y después de 30 minutos en la salida del ozonificador, es decir se analizaron 2 muestras de agua diarias en un periodo de cuatro semanas de práctica, en estas muestras se realizó los análisis de laboratorio para la identificación de los indicadores microbiológicos de contaminación basados en la detección de *Coliformes totales* y *fecales*.

## 2.2. MATERIALES Y EQUIPOS

### 2.2.1 Requerimientos para muestreo:

- Cooler para el transporte de las muestras.
- Frascos de plástico estériles de 100ml.
- Equipo de protección personal (Mandil. Guantes estériles)
- Cámara fotográfica.



### 2.2.2 Requerimientos de laboratorio:

- Tubos tapa rosca 160x12mm.
- Tubos de ensayo pequeños. 80 mm
- Pipetas: 1ml, 5ml, 10ml.
- Vasos de precipitación.
- Probetas.
- Mecheros de alcohol o de bunsen

### 2.2.3 Equipos:

- Estufa MEMMERT.
- Autoclave HANDYCLAVE GLOW 14 LS-1.
- Baño María MEMMERT PROLAB 2201.
- Refrigerador INDURAMA NA176.
- Balanza Analítica BOECO GERMANY BWL G1.
- Agitador ROTAMAG CRV 14.

### 2.2.4 Reactivos requeridos.

Los reactivos que a continuación se mencionan, son grado analítico a menos que se indique otra cosa. En cuanto al agua que se utiliza es agua destilada y agua desionizada libre de sustancias que pueden inhibir el crecimiento bacteriano en las condiciones de prueba

- ✓ Caldo de Sulfato de Laurilo
- ✓ Caldo de Bilis Verde Brillante.
- ✓ SIM.



## 2.3. EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA Y MÉTODO DE ANÁLISIS

En Este trabajo se utiliza las normas de referencia:

- ✓ Calidad de Agua potable Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108: 2014. Agua potable. Requisitos.
- ✓ Métodos Normalizados para el agua potable y residual (Standard Methods), última edición.
- ✓ NORMA Oficial Mexicana NOM-180-SSA1-1998, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Equipos de tratamiento de tipo doméstico. Requisitos sanitarios.

### 2.3.1 MÉTODO DEL NÚMERO MÁS PROBABLE Y TUBOS MULTIPLES TUBOS MÚLTIPLES.

El método se basa en la inoculación de alícuotas de la muestras sin diluir con volúmenes de 10, 1y 0.1 ml, o diluida en caso necesario, en serie de tubos por triplicado con un medio que contiene lactosa (caldo lactosado o caldo lauriltriptosa). La valoración del contenido microbiano de una muestra de agua por el método del Número más probable supone la utilización de tablas numéricas que tienen en cuenta los volúmenes de agua y las cantidades de tubos sembrados en una o más series. (Ana María Sandoval, Gabriela Carlos, 1991)

Realmente consiste en tratar estadísticamente el número de tubos de cada serie sembrada que resulten positivos después de su incubación. En cuanto a la investigación de patógenos en agua, no existe un método único que permita aislar e identificar todos estos microorganismos. En general, los métodos con los que se obtienen mejores resultados comprenden una fase de concentración, seguida de técnicas de enriquecimiento y aislamiento específicas para cada microorganismo. (Ana María Sandoval, Gabriela Carlos, 1991)



La prueba de tubos múltiples constituye un método estandarizado para la determinación de la densidad de bacterias indicadoras de contaminación. En esta prueba, réplicas de tubos de medios de cultivo específicos, son inoculados con diluciones decimales de una muestra dada de agua. La densidad bacteriana es calculada por medio de fórmulas de probabilidad que estiman el número más probable de bacterias para producir ciertas combinaciones de resultados positivos (como turbidez o formación de gas) y negativos. (Ana María Sandoval, Gabriela Carlos, 1991)

La técnica del NMP comprende siempre una prueba presuntiva y otra confirmativa. La positividad en un tubo de la prueba presuntiva no indica necesariamente la presencia del grupo bacteriano a determinar (Coliformes Totales, Coliformes Fecales o *Escherichia coli* Fecales), sino que habrá de confirmarse posteriormente. Sin embargo, la negatividad en la prueba presuntiva permite dictaminar la ausencia de dicho grupo bacteriano en el agua examinada (Ana María Sandoval, Gabriela Carlos, 1991)

La denominada prueba presuntiva consiste en una metodología de tipo general para cualquier grupo de bacterias, mientras que la prueba confirmativa es específica.

#### **2.3.1.1 Prueba presuntiva coliformes**

**Las operaciones deberán efectuarse en absolutas condiciones de asepsia.**

- a. Preparar tres series sucesivas de 5 tubos con caldo lactosado, una de doble concentración y las otras dos de concentración sencilla.
- b. Etiquetar las series con 10, 1 y 0.1 ml
- c. Agitar vigorosamente la muestra por lo menos 20 veces antes de tomar el volumen que se va a inocular, a efecto de homogeneizar.



d. Antes y después de realizar las inoculaciones, la boca del frasco de la muestra deberá ser flameada para evitar contaminación.

e. Inocular con una pipeta de 10ml este volumen de muestra en la serie de tubos con caldo de doble concentración, con otra pipeta de 1 ml para 1 ml de muestra en la segunda serie de tubos con concentración sencilla.

f. Igualmente con la misma pipeta podrá inocularse la tercera serie de tubos con 0.1mL de muestra.

g. Incubar todos los tubos a una temperatura de 35°C durante 24-48 horas.

h. Después de 24 horas de incubación efectuar una primera lectura para observar si hay tubos positivos, es decir, con producción de ácido, si el medio contiene un indicador de pH, turbidez y producción de gas en la campana Durham.

En la verificación es importante asegurarse que la producción de gas sea resultado de la fermentación de la lactosa en cuyo caso se observará turbidez en el medio de cultivo y no confundir con burbujas de aire.

i. De los tubos que den positivos, ya se pueden hacer las pruebas confirmatorias para coliformes totales y coliformes fecales, de cada tubo del ensayo previo considerado como positivo se siembra con una asa microbiológica de inoculación en tubos de ensayo con caldo verde brillante (CLBVB) dotados de tubos Durham. Luego se incuba durante 24 horas a 45°C. Los tubos con formación de gas se consideran como positivos, con respecto a bacterias coliformes Totales.

j. En caso de no apreciarse alguno o todos los cambios mencionados en el resto de los tubos, continuarán en incubación 24 horas más.

k. Después de 48 horas ( $\pm 2h$ ) a partir de la inoculación, se hace la lectura final.

l. Si pasadas estas 48 h tampoco se aprecia turbidez ni producción de gas, los tubos se toman como negativos.



### INTERPRETACION:

Si el total de tubos son **NEGATIVOS**: El examen se da por terminado, reportando la **AUSENCIA DE COLIFORMES TOTALES Y FECALIS** en la muestra analizada.

Todos aquellos tubos que den **POSITIVOS** para prueba presuntiva se registraran y se procederá a realizarla PRUEBA **CONFIRMATORIA** para **Coliformes Totales y Fecales**. (Ana María Sandoval, Gabriela Carlos, 1991)

#### 2.3.1.2 Prueba Confirmatoria Para Coliformes Totales:

- a. A partir de cada uno de los tubos que han resultado positivos en la prueba presuntiva, agitándolos previamente para homogeneizar, inocular con tres asadas tubos conteniendo caldo Lactosa Bilis Verde Brillante (LBVB).
- b. Incubar durante  $48 \pm 3h$  a  $35 \pm 0.5^{\circ}C$ .
- c. Después de la incubación observar la presencia de turbidez y gas.

### INTERPRETACION:

Si se observa turbidez y producción de gas:

La prueba se considera **POSITIVA**, debiendo anotar el número de tubos positivos para posteriormente hacer el cálculo del NMP.

Si en ninguno de los tubos se observa producción de gas, aun cuando se observe turbidez:

Se consideran negativos, estableciéndose el Código 0, 0,0 para efecto del cálculo del NMP.





### 2.3.1.3 Prueba confirmativa coliformes fecales

- a. A partir de cada uno de los tubos que han resultado positivo en la prueba presuntiva, agitándolos para homogeneizar, inocular con tres azadas tubos conteniendo caldo E.C. (Escherichiacoli) en este caso se usó CVBVB.
- b. Incubar durante 24 horas a 44 °C (0.5 °C), observar presencia de turbidez y gas.
- c. Para la prueba confirmativa de coliformes fecales, se realizan inoculaciones en medio SIM, provenientes de los tubos del ensayo previo que mostraron formación de gas en CLBVB, incubar durante 24 horas a 45 °C. Bajo estas condiciones se realiza la prueba de Kovac, un resultado de un anillo de color rojo indica el origen fecal de las bacterias coliformes.

El valor numérico de la estimación del contenido bacteriano es determinado por la dilución que mostró ambos resultados positivos y negativos.

La mejor evaluación de la calidad sanitaria del agua depende de la interpretación de resultados de la técnica de los tubos múltiples o de otros métodos, posiblemente más precisos y de toda la demás información relativa al agua.

#### INTERPRETACION:

Si se observa turbidez y producción de gas:

La prueba es **POSITIVA**, debiendo anotar el número de tubos positivos para posteriormente hacer el cálculo del NMP.

Si no se observa producción de gas, aun cuando se observe turbidez:

Se reporta la **AUSENCIA DE COLIFORMES FECALES**.



#### 2.3.1.4 Cálculos

De acuerdo a los tubos positivos en las pruebas confirmativas para Coliformes

Totales y Fecales:

Establecer los códigos correspondientes para calcular por referencia en la tabla estadística correspondiente, el NMP de Coliformes Totales y Fecales en 100 ml de agua. (Ana María Sandoval, Gabriela Carlos, 1991)

En caso de no encontrar en las tablas la combinación de tubos adecuada, emplear para los cálculos la siguiente ecuación:

$$\text{NMP/100 mL} = \frac{\text{No. De tubos positivos} \times 100}{\sqrt{\text{mL de muestra en tubos negativos} \times \text{mL de muestra en todos los tubos}}}$$

### 3. ELABORACION Y PRESENTACION DE RESULTADOS.

Los resultados se elaboran de la siguiente manera:

- ❖ Si únicamente se inoculan tres series de cinco tubos cada una con 10, 1 y 0.1 ml de muestra, la lectura de los resultados nos permite tener dos códigos de valores uno para coliformes totales y otro para coliformes fecales los cuales leídos en la tabla del NMP nos dará el valor de bacterias correspondientes en
  - ❖ 100 ml de muestra, de manera directa.
  - ❖ Si se han realizado diluciones, se ha de obtener una serie final con valor cero.

## DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES Y FECALES: FLUJOGRAMA DE TRABAJO

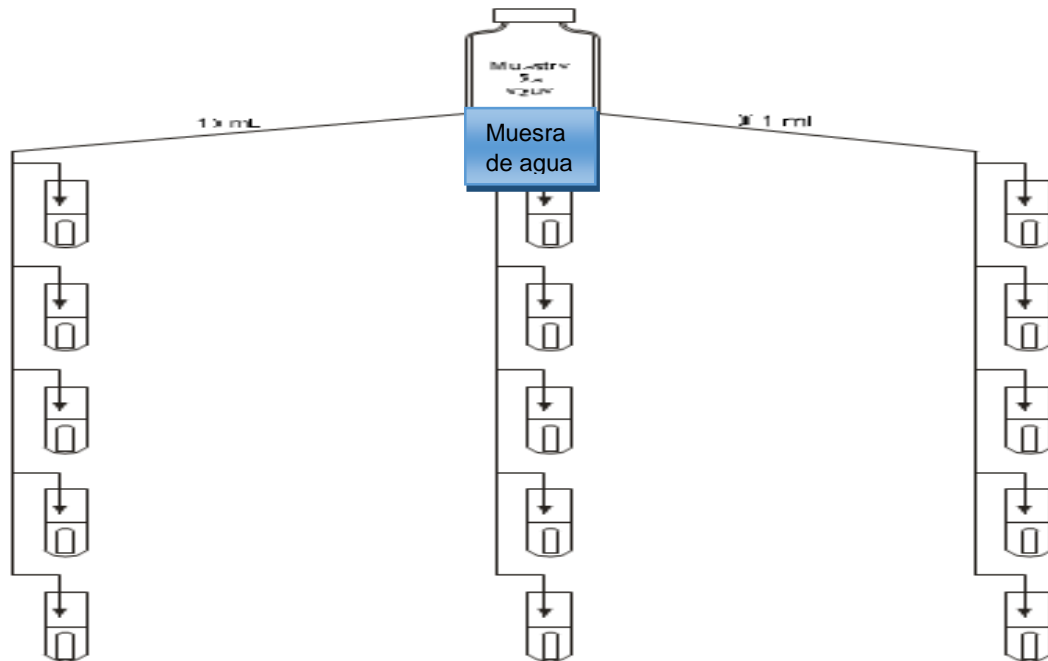


Fig. 1: Esquema de determinación CT y CF

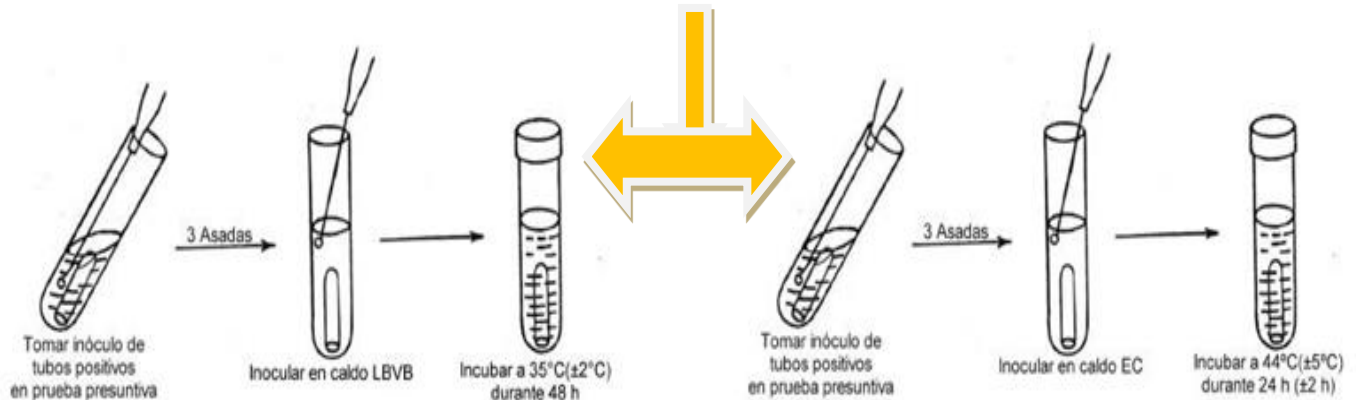


Fig. 17.2 Prueba Confirmativa para Coliformes Totales.

Fig. 17.3 Prueba Confirmativa para Coliformes Fecales.

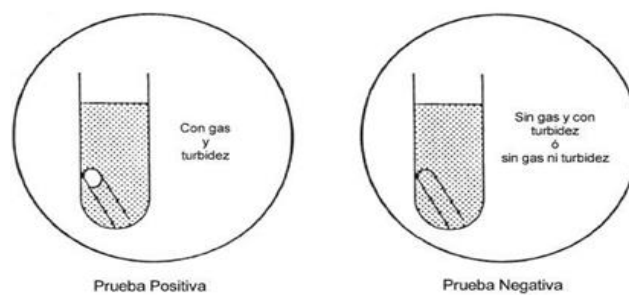


Fig. 17.4 Evaluación de las Pruebas Presuntiva y Confirmativas en la determinación del NMP de Coliformes Totales y Fecales.



### Interpretación de resultados:

Si únicamente se inoculan tres series de cinco tubos cada una con 10, 1 y 0.1 ml de muestra, la lectura de los resultados nos permite tener dos códigos de valores uno para coliformes totales y otro para coliformes fecales los cuales leídos en la tabla del NMP nos dará el valor de bacterias correspondientes en 100 ml de muestra, de manera directa una vez que se haya confirmado con la prueba confirmatoria para cada uno de los casos antes mencionados.

### 4. EFICIENCIA DEL OZONIFICADOR

Una vez obtenido el NMP/ml de muestra, se realiza los cálculos con la formula regida a los requisitos de la eficiencia del equipo contemplado en la normativa NOM-180-SSA1-1998: Prueba de potabilidad aceptable, si el porcentaje en reducción bacteriana es igual o mayor a 95% para organismos mesófilos aerobios e igual o mayor a 99,99% para organismos coliformes totales. (Anexos N°1).

$$\% \text{ RBCT} = \frac{(\text{coliformes totales})_{\text{APST}} - (\text{coliformes totales})_{\text{APT}}}{(\text{coliformes totales})_{\text{APST}}} \times 100$$

Porcentaje en reducción bacteriana de organismos *coliformes totales*. En donde:

$(\text{Coliformes totales})_{\text{APST}}$ .- Cuenta de organismos *coliformes totales* en NMP/100 ml o UFC/100 ml de agua de prueba sin tratar.

$(\text{Coliformes totales})_{\text{APT}}$ .- Cuenta de organismos coliformes totales en NMP/100 ml o UFC/100 ml de agua de prueba tratada.



## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Análisis descriptivo

Iniciaremos con un análisis descriptivo evaluando la media y desviación estándar, tanto de los parámetros microbiológicos como de la eficiencia, con la finalidad de describir de la mejor manera las características del agua antes y después del proceso de ozonificación. Para nuestro estudio se tomaron 4 muestras diarias, cuatro días a la semana, durante un período de 4 semanas dando un total de 64 muestras.

##### 3.1.1. Recuento (media, Desviación Estándar) de Coliformes Totales y Coliformes Fecales, antes y después del proceso de ozonificación.

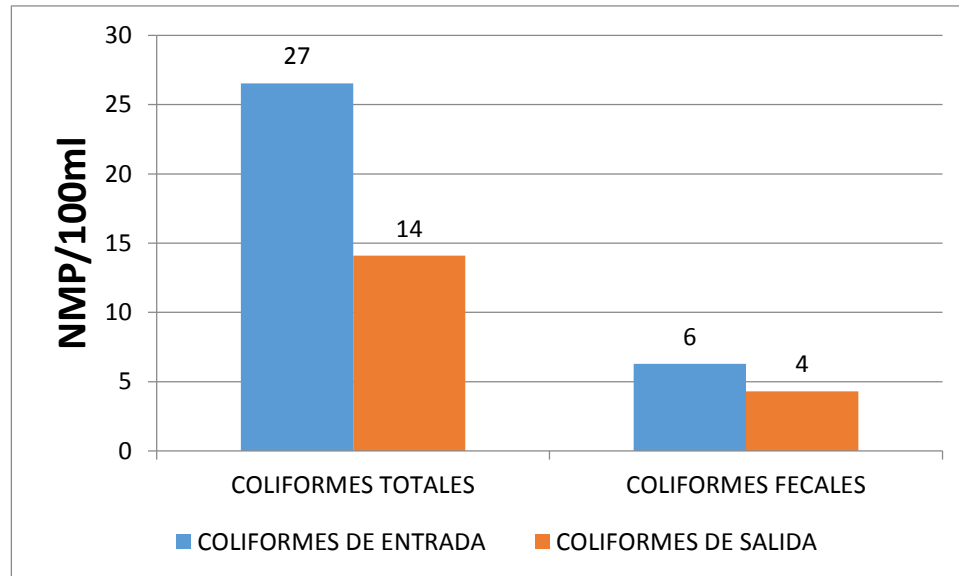
**Tabla 1.** Parámetros microbiológicos del agua de entrada y salida expresados como media  $\pm$  desviación estándar (mín-máx).

	Coliformes Totales de Entrada	Coliformes Totales de Salida	Coliformes Fecales de Entrada	Coliformes Fecales de Salida
<b>Media</b>	27	14	6	4
<b>Desviación Estándar (mín-max)</b>	$\pm 10,34$ (22,80 – 30,26)	$\pm 5,44$ (12,13 – 16,03)	$\pm 2,79$ (5,27 – 7,29)	$\pm 1,22$ (3,87 – 4,76)

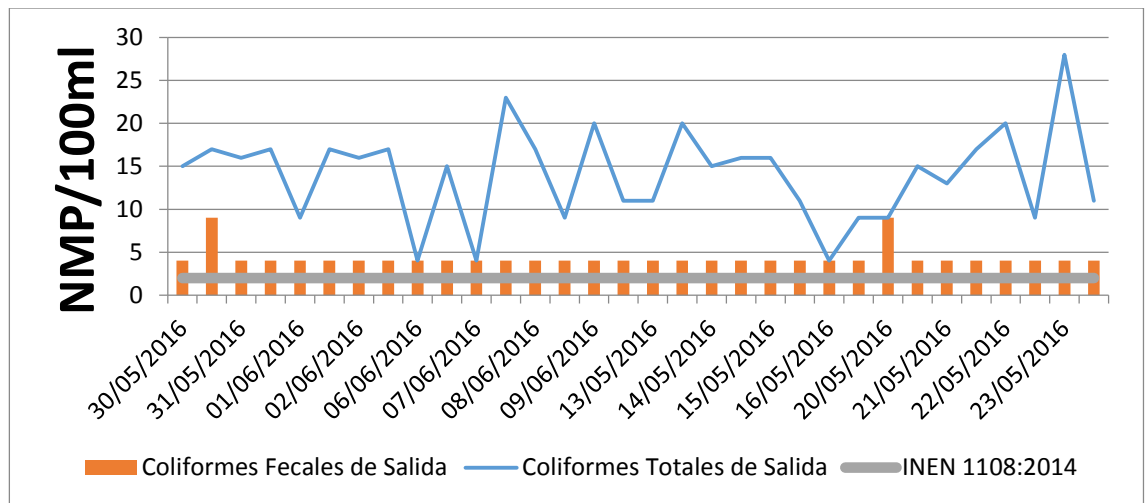
La tabla 1 nos muestra que, en las desviaciones estándar de Coliformes Totales y Fecales que ingresaron al ozonificador no existe homogeneidad en sus valores durante el período analizado. Por otro lado en las desviaciones estándar de Coliformes Totales y Fecales de salida se muestran valores de 5,44 y 1,22 respectivamente, lo cual es negativo ya que se espera que los valores de coliformes de salida NMP/100ml sean homogéneos luego de haber salido del ozonificador para justificar un trabajo eficiente del ozonificador analizado. Esta

afirmación se contrasta al observar los valores máximos y mínimos de coliformes totales y fecales de salida, podemos apreciar que los mismos son valores altos que demuestran la presencia de contaminación en el agua por microorganismos coliformes.

**Gráfico 1.** Media de Coliformes Totales y Fecales



En el gráfico 1 podemos apreciar que, en promedio ingresan 27 NMP/100ml Coliformes Totales al ozonificador y salen 14 NMP/100ml; en cuanto a los Coliformes Fecales entran en el ozonificador 6 NMP/100ml y salen 4 NMP/100ml. Inicialmente podemos afirmar que el ozonificador no logra eliminar una cantidad adecuada de coliformes totales y fecales a un nivel óptimo, es decir, en el efluente de la unidad de ozonificación no se alcanzaron niveles significativos de remoción de *coliformes totales* y *fecales*, a conocimiento que la determinación de bacterias coliformes sirve para monitorear la calidad microbiana del agua y como indicativo de la eficiencia del proceso de tratamiento efectuados en los sistemas de abastecimiento

**Gráfico 2.** Comportamiento de los coliformes totales y fecales de salida.

El gráfico 2 nos indica que los coliformes totales de salida presentan valores variables en los distintos días, por otro lado el número de coliformes fecales de salida tienen mayor homogeneidad durante el período en estudio. La variabilidad de los coliformes totales de salida está relacionada con el número de coliformes que ingresan al ozonificador los mismos que unos días son altos y otros bajos, mientras que en los días en los que los coliformes fecales de salida presentan valores altos se deben a que se presentó una mayor contaminación de estos coliformes al momento de su ingreso. Cabe mencionar que en ninguno de los días el ozonificador ha logrado un funcionamiento óptimo, ya que los valores obtenidos de coliformes totales y fecales no cumple lo que se estima en la normativa INEN 1108:2014 que menciona que para que el agua sea de calidad debe ser  $< 2$  NMP/100 ml para coliformes totales y por ende para fecales tomadas como referencia para nuestro análisis, se estima que esta situación muy posiblemente se debe a la forma en la que está instalado el equipo por lo que existe una re contaminación ya que existe una sola cisterna que sirve para almacenar tanto el agua de entrada como de salida.



### **3.1.2 Eficiencia (media, Desviación Estándar) (32 resultados)**

Se contemplan estas dos clases de microorganismos, coliformes totales y fecales, porque cada una posee propiedades específicas, tanto fisicoquímicas y biológicas como de resistencia a las diversas técnicas de tratamiento. Las dos son importantes, puesto que todas están presentes con frecuencia en el agua de consumo, en nuestro medio, y se asocian con enfermedades intestinales que afectan a la población

Si bien estos factores están dentro del alcance de este documento, son fundamentales para la correcta aplicación de una evaluación del equipo de ozonificación ya que se basó en el recuento de estos microorganismos para la aplicación de la fórmula de reducción bacteriana y que por ende da la eficiencia del equipo de ozonificación.

Las pruebas de determinación de la eficiencia realizadas en condiciones que normalmente se están usando día a día en la fundación, los datos nos permiten estimar con mayor exactitud la eficiencia real en los tiempos muestreados con la cual está trabajando este equipo.

Para la obtención de la eficiencia se tomaron 32 muestras de entrada y 32 de salida en cada uno de los parámetros microbiológicos, al aplicar la fórmula de reducción bacteriana que da la eficiencia en porcentaje del ozonificador se trabajó en 32 observaciones donde se analizó tanto la eficiencia promedio, como la eficiencia semanal.



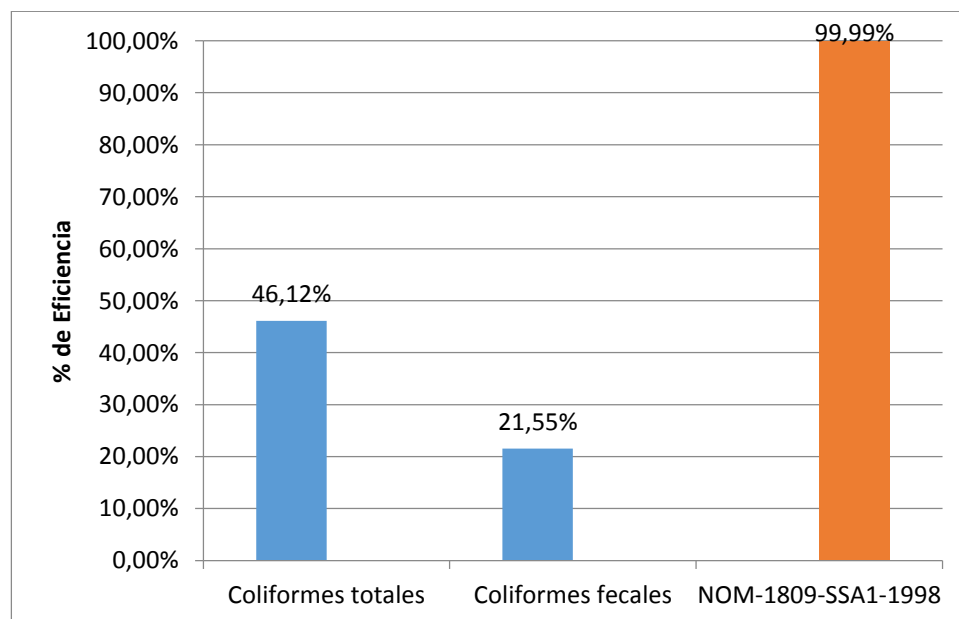


**Tabla 2:** Eficiencia del ozonificador expresada como media  $\pm$  desviación estándar (mín-máx).

	Coliformes totales	Coliformes fecales
Media	46,12%	21,55%
Desviación estándar	$\pm 11,47\%$	$\pm 26,75\%$
(mín-máx.)	(28,57% - 65,12%)	(0% - 55,56%)

Además en la tabla 2 podemos observar por la desviación estándar que la eficiencia en cuanto a descontaminación de coliformes totales presenta valores más homogéneos que la de coliformes fecales, esto se debe a que la diferencia entre los valores de NMP/100ml de *Coliformes fecales* es muy pequeña siendo 9NMP/100ml la moda en el agua de entrada y 4 NMP/100ml en el agua de salida dando una eficacia de 56% y 0% respectivamente.

**Gráfico 3:** Eficiencia media de coliformes totales y fecales.

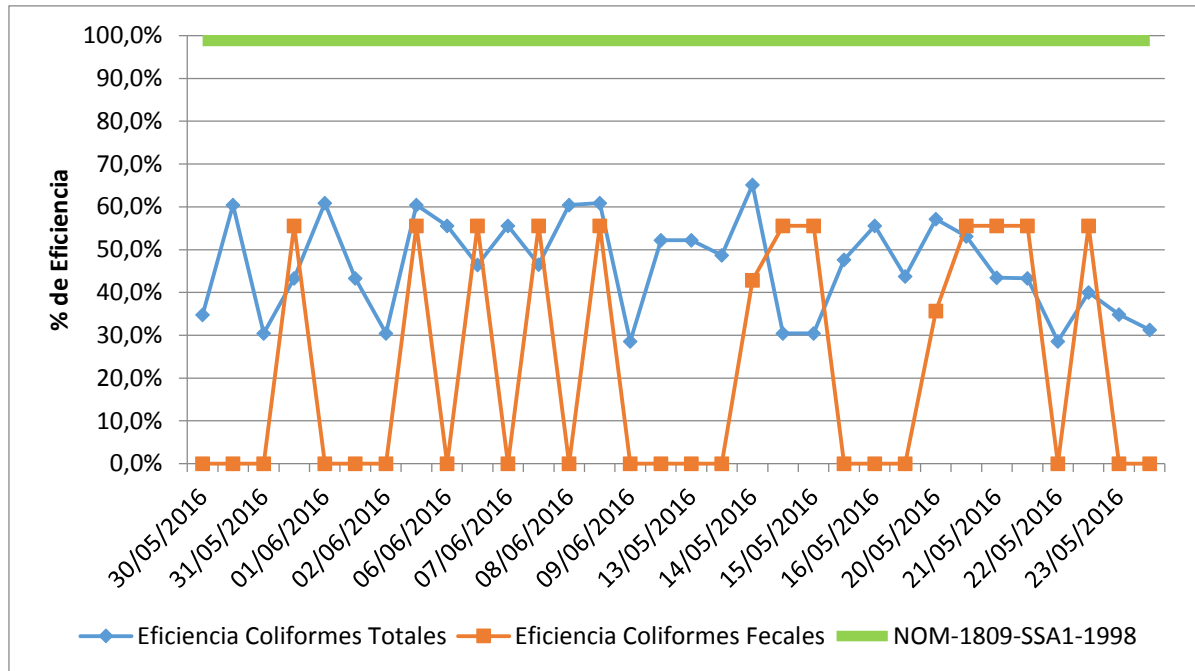




En el gráfico 3 la eficiencia media de coliformes totales nos muestra un valor de 46,12%, se puede generalizar y afirmar que en promedio el ozonificador está eliminando menos de la mitad de coliformes totales NMP/100ml que ingresan al ozonificador. Por otra parte la eficiencia en cuanto a descontaminación de coliformes fecales es del 21,55%, esto indica que el ozonificador no está en condiciones óptimas de funcionamiento, para afirmar esto se comparó los resultados obtenidos con estudios realizados en 1.955, por WUHRMANN y MEYRATH emplearon un residual de ozono muy pequeño ( $r = 0,6 \text{ mg. O}_3/\text{m}^3 \text{ agua}$ ). En 2,5 minutos esta concentración de ozono disuelta en agua resultó bactericida para Coliformes totales y fecales: E. Coli, con un porcentaje de eficiencia del 100 % (MEYRATH, 2005), por lo que se estima que en este caso el residual de ozono no es el óptimo ya que posiblemente se deba a una falla eléctrica del equipo donde el generador de ozono no este descargando la cantidad correcta de ozono, ya que por antecedente conocemos que el equipo permanece en reposo por más 30 minutos que es lo habitual de su funcionamiento.

WUHRMANN y MEYRATH afirman que “La mejor prueba que existe es el análisis bacteriológico antes y después de la ozonización del agua, con el problema real”. (MEYRATH, 2005)

**Gráfico 4:** Comportamiento de la eficiencia de coliformes totales y fecales.



En el gráfico 4 la eficiencia del ozonificador en cuanto a *coliformes totales* se muestra irregular, también se puede apreciar que en la mayoría de días alcanza un promedio de 46,12% y 21,55% tanto para CT como para CF respectivamente, del mismo modo existen días en los que se llegan a una eficiencia del 65,12% y 55,56% siendo las máximas alcanzadas para CT y CF, estos valores máximos de eficiencia son producto de la desinfección que se dió a la cisterna en la tercera semana que duro un día con detergente y cloro.

Por otro lado se puede apreciar que la eficiencia del ozonificador en cuanto a la eliminación de *coliformes fecales* es menor, debido a que alcanza un máximo del 56% y los días restantes muestra valores que oscilan entre el 0% (eficiencia nula).

Los valores promedio obtenidos de 46,12% y 21,55% al ser comparados con la norma Mexicana que menciona que: “Prueba de potabilidad aceptable para que un equipo de desinfección sea eficiente, cuando el porcentaje en

reducción bacteriana es igual o mayor a 99,99% para organismos coliformes totales”, no cumple con el requisito antes mencionado.

### 3.2 t-test de Student pareado de doble cola

Se evaluaron 32 muestras de cada parámetro tanto del agua de entrada como de agua de salida, utilizando el t-test de Student pareado de dos colas a un nivel de significancia del 5%.

#### 3.2.1. Comparación parámetros microbiológicos entre el agua de entrada y salida mediante t-test de Student

**Tabla 3:** Comparación entre Coliformes totales de entrada y salida mediante un t-test de Student.

Paired t test

Variable	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
ctent	32	26.53125	1.828859	10.34559	22.80127	30.26123
ctsal	32	14.09375	.9634023	5.449826	12.12888	16.05862
diff	32	12.4375	1.19216	6.743874	10.00607	14.86893

mean(diff) = mean(ctent - ctsal)  
Ho: mean(diff) = 0  
Ha: mean(diff) < 0  
Pr(T < t) = 1.0000

t = 10.4327  
degrees of freedom = 31  
Ha: mean(diff) != 0  
Pr(|T| > |t|) = 0.0000

Ha: mean(diff) > 0  
Pr(T > t) = 0.0000

La tabla 3 indica que la eficiencia de los filtros para reducir la contaminación por coliformes totales es estadísticamente significativa ( $p=0,0000$ ;  $p < 0,05$ ), lo cual fue evaluado mediante la comparación del recuento medio de coliformes totales del agua de entrada y el recuento medio del agua de salida, con un nivel de significancia del 5%. Efectivamente el ozonificador tiende a disminuir el número de coliformes totales de salida, a pesar de ello para nuestro análisis es aceptable un número de coliformes totales menor a 2 NMP/100ml de acuerdo a la norma INEN1108:2014 para poder afirmar que existe un trabajo



correcto del mismo y garantizar un proceso de ozonificación adecuado, lo cual no sucede en este estudio.

**Tabla 4:** Comparación entre Coliformes Fecales de entrada y salida mediante un t-test de Student.

Paired t test

Variable	obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
cfent	32	6.28125	.4943927	2.796707	5.272929	7.289571
cfsal	32	4.3125	.2173776	1.229673	3.869155	4.755845
diff	32	1.96875	.4318106	2.44269	1.088066	2.849434

$\text{mean}(\text{diff}) = \text{mean}(\text{cfent} - \text{cfsal})$   $t = 4.5593$   
 $H_0: \text{mean}(\text{diff}) = 0$  degrees of freedom = 31  
 $H_a: \text{mean}(\text{diff}) < 0$   $H_a: \text{mean}(\text{diff}) \neq 0$   $H_a: \text{mean}(\text{diff}) > 0$   
 $\text{Pr}(T < t) = 1.0000$   $\text{Pr}(|T| > |t|) = 0.0001$   $\text{Pr}(T > t) = 0.0000$

En la tabla 4 se puede observar que la eficiencia de los filtros para reducir la contaminación por coliformes fecales es estadísticamente significativa ( $p = 0,0001$ ;  $p < 0,05$ ) con un nivel de confianza del 95%, lo cual fue evaluado mediante la comparación del recuento medio de coliformes fecales del agua de entrada y el recuento medio del agua de salida. En primera instancia se puede decir que también existe eliminación de coliformes fecales por parte del ozonificador, pero es importante aclarar que tampoco se cumple con la norma referida.

### 3.3 ANOVA

Análisis de varianza para evaluar si hay variabilidad entre las semanas de toma de muestra



### 3.3.1 Análisis de varianza de la eficiencia por semana

Este análisis de varianza ayudará a determinar si existen diferencias en la eficiencia entre las distintas semanas de muestreo, para lo cual existe un nivel de significancia del 5%, se realizó un muestreo de coliformes totales y fecales durante cuatro semanas, del mismo que se obtuvo un total de 8 observaciones semanales de eficiencia para cada uno de los parámetros en estudio

**Tabla 5:** ANOVA para los coliformes totales.

. oneway efict semana

Source	Analysis of Variance SS	df	MS	F	Prob > F
Between groups	351.456578	3	117.152193	0.88	0.4640
Within groups	3732.97326	28	133.320474		
Total	4084.42984	31	131.755801		

Bartlett's test for equal variances:  $\chi^2(3) = 0.6926$  Prob> $\chi^2 = 0.875$

De acuerdo a los resultados de la tabla 5 se observa que existe suficiente evidencia estadística con un nivel de significancia del 5% para determinar que no hubo diferencia significativa ( $p=0,4640$ ;  $p < 0,05$ ) del ozonificador para reducir la contaminación por coliformes totales entre las cuatro semanas de muestreo. Esta afirmación nos ayuda a concluir que la eficiencia no ha variado significativamente en alguna de las semanas analizadas, por lo tanto el ozonificador ha sido estable en la descontaminación de coliformes totales pero no lo suficientemente eficiente ya que como observamos anteriormente la eficiencia máxima del período alcanzaba el 65,12% y este valor está muy por debajo de los requerimientos mínimos de descontaminación de coliformes fecales de acuerdo a la norma mexicana NOM-1809-SSA1-1998.

**Tabla 6:** ANOVA para los coliformes fecales.

```
. oneway eficf semana
```

Source	Analysis of Variance SS	df	MS	F	Prob > F
Between groups	1912.70264	3	637.567546	0.88	0.4634
Within groups	20289.0482	28	724.608863		
Total	22201.7508	31	716.18551		

Bartlett's test for equal variances:  $\chi^2(3) = 0.1959$  Prob> $\chi^2 = 0.978$

En contraste con la tabla 6, se puede afirmar que no hubo diferencia significativa del ozonificador para reducir la contaminación por coliformes fecales entre las cuatro semanas de muestreo con un nivel de confianza del 95%. De igual manera que con los coliformes totales, la eficiencia de coliformes fecales no ha variado significativamente en alguna de las semanas analizadas, el ozonificador en este caso presentó una eficiencia nula en algunos días de las distintas semanas, esto ayuda a determinar que existen falencias en el ozonificador al no constatarse una descontaminación eficiente de coliformes fecales. Tampoco se cumplen con los requerimientos mínimos de descontaminación de coliformes fecales de acuerdo a la norma citada, a pesar que se dio la limpieza de un día no afecta a la semana 3.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

✓ En el análisis realizado en el efluente de salida del agua que utilizan los usuarios de la Fundación se encuentra contaminada con *coliformes totales* y *fecales*, esta contaminación es superior a lo que determina las normas técnicas INEN (Valor admisible de coliformes fecales < 2 NMP/100 ml), por lo que el generador de ozono no fue efectivo en la remoción de bacterias patógenas analizadas en las muestras de agua realizados.

✓ La remoción de *coliformes fecales* y *totales* relacionadas con el efecto de la ozonización no se cumple en un 99,99% que hace referencia a la NORMA Oficial Mexicana NOM-180-SSA1-1998. Adicionalmente se encontró que la eficacia en la remoción no mejora significativamente en las diferentes fechas tomadas las muestras. Se estima que esta condición se da porque a medida que envejece el equipo no hay un mantenimiento efectivo.

✓ No se sabe si el generador de ozono esta produciendo continuamente la misma dosis de ozono requerida para la remocion total de microorganismos ya que no existe ni un control automatizado de monitoreo, ni un ajuste de la dosificación de ozono, mucho menos una calibración continúa del equipo, por lo que se atribuye que las fallas se deba a fusibles quemados que no son detectados por el personal que opera el equipo.





## RECOMENDACIONES

En base a los diferentes resultados obtenidos en el planteamiento de los objetivos se realizan las siguientes recomendaciones:

- ✓ Al existir la contaminación en la afluencia del agua que utilizan los usuarios de la Fundación se debe dar el tratamiento adecuado mediante el uso efectivo del ozonificador, pues se ha demostrado que este tipo de sistema ayuda a remover bacterias.
- ✓ Finalmente para lograr una desinfección que cumpla con las normas INEN del agua, el equipo de generación de ozono debe ser revisado por el técnico y recibir mantenimiento continuo de tal manera que asegure una mayor concentración de ozono así como una velocidad de muerte de los miccroorganismos patogenos para ofrecer una mayor garantía en el tratamiento del agua de consumo al final de la red de distribución.



## GLOSARIO

**Abastecimiento:** conjunto de instalaciones para la captación de agua, conducción tratamiento de potabilización.

**Acometida:** la tubería que enlaza la instalación interior del inmueble y la llave de paso correspondiente con la red de distribución.

**Autocontrol:** Control de la calidad del agua de consumo en los abastecimientos responsabilidad del gestor correspondiente.

**Autoridad Sanitaria:** la administración sanitaria autonómica competente u otros órganos de las Comunidades Autónomas en el ámbito de sus competencias.

**Captación.** Toma de agua destinada a la producción de agua de consumo humano.

**Conducción:** cualquier canalización que lleva el agua desde la captación hasta la ETAP, o en su defecto, al depósito de cabecera.

**Depósito:** todo receptáculo o aljibe cuya finalidad sea almacenar agua de consumo humano ubicado en la cabecera o en tramos intermedios de la red de distribución.

**Estación de tratamiento de agua potable (ETAP):** Instalación donde se lleva a cabo el conjunto de procesos de **tratamiento de potabilización** situados antes de la Red de distribución y/o depósito.

**Gestor y/o Gestores (entidades gestoras):** persona o entidad pública o privada que sea responsable del abastecimiento o de parte del mismo, o de cualquier otra actividad ligada al abastecimiento del agua de consumo humano. Por ejemplo: municipios y empresas abastecedoras de agua.

**Ozonificador:** Es un sistema que utiliza utiliza un fenómeno conocido como “efecto corona” para descomponer el oxígeno (O<sub>2</sub>) del aire, por lo tanto los



átomos de oxígeno se recomponen en ozono (O<sub>3</sub>) para poder ser liberados en el ambiente.

**Ozono:** El ozono O<sub>3</sub> es una molécula compuesta por tres átomos de oxígeno.

**Instalación interior:** el conjunto de tuberías, depósitos, conexiones y aparatos instalados tras la acometida y la llave de paso correspondiente que enlaza con la red de distribución.

**Parámetro.** Microorganismo, contaminante, o propiedad físico-química analizada en el agua, e indicadores de su calidad.

**Plaguicida:** los insecticidas, herbicidas, fungicidas, nematocidas, acaricidas, alguicidas, rodenticidas, molusquicidas orgánicos, metabolitos, productos de degradación o reacción y los productos relacionados como los reguladores de crecimiento.

**Producto de Construcción en contacto con Agua de Consumo Humano:** todo producto de construcción, de revestimiento o utilizado en los procesos de montaje de las captaciones, conducciones, ETAPs, redes de abastecimiento y distribución, depósitos, cisternas e instalaciones interiores que estén situadas desde la captación hasta el grifo del consumidor.

**Punto de entrega:** Zona en la red de abastecimiento antes de la acometida a un edificio o vivienda.

**Punto de Muestreo (PM):** el lugar para la toma de muestras de agua de consumo humano para el control de la calidad de esta.

**Red de distribución:** conjunto de tuberías diseñadas para la distribución del agua de consumo humano desde la ETAP o desde los depósitos hasta la acometida del usuario.



**Resultado:** El valor cuantificado de un parámetro con un método de ensayo concreto y expresado en las unidades fijadas.

**Sustancia:** todo producto (sustancia o preparado) que se agregue al agua o sea empleado en su potabilización o mejora así como los utilizados para la limpieza de superficies, equipos, recipientes o utensilios que estén en contacto con el agua de consumo humano.

**Valor Paramétrico:** el nivel máximo o mínimo fijado para cada uno de los parámetros físicos, químicos o microbiológicos incluidos en la legislación vigente para el control de la calidad del agua de consumo humano.

**Zona de abastecimiento:** área geográficamente definida y censada por la autoridad sanitaria a propuesta del gestor del abastecimiento o partes de este, no superior al ámbito provincial.

## ABREVIATURAS

**INEN:** Instituto Ecuatoriano de Normalización

**NOM-180-SSA1-1998:** Norma Oficial salud Ambiental

**PCB'S:** Bifenilospoliclorados

**THM:** Trihalometanos

**E. Coli:** Bacteria EscherichiaColi

**DQO:** Demandas químicas y biológicas.

**DBO:** Demandas químicas de oxígeno.

**ADN:** Ácido Nucleico

**ARN:** Ácido Ribonucleico

**pH:** lones de hidrógeno

**NMP:** Método del número más probable.



## BIBLIOGRAFÍA.

Marín Galvín, R. (2011). *CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DE LAS AGUAS*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2015, de [http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:48101/componente48099.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:48101/componente48099.pdf)

MORETA POZO, J. C. (2009). *LA EUTROFIZACIÓN DE LOS LAGOS Y SUS CONSECUENCIAS*. Obtenido de UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/720/1/06%20NUT%20099%20ARTICULO%20CIENTIFICO.pdf>

Romero, M. (2008). *TRATAMIENTOS UTILIZADOS EN POTABILIZACIÓN DE AGUA*. Obtenido de Facultad de Ingeniería - Universidad Rafael Landívar: [http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL\\_08\\_ING02.pdf](http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_08_ING02.pdf)

Saha, R., Martin , R., & Donof, R. (2011). *Eficacia de los Sistemas de Tratamiento por Ozono Contra los Microorganismos*. Obtenido de [http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/August\\_Saha\\_Martin\\_Donofrio.pdf](http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/August_Saha_Martin_Donofrio.pdf)

Adams, J. (2009). *Relación del agua, el saneamiento y la higiene con la salud*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/facts2004/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/facts2004/es/)

ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE:. (2014). *Criterio de la calidad del agua: concentración numérica o enunciado descriptivo recomendado*. Recuperado el 10 de agosto de 2015, de <http://www.industrias.ec/archivos/CIG/file/CARTELERA/Reforma%20Anexo%2028%20feb%202014%20FINAL.pdf>

Anonimo. (2009). *DESINFECCION POR OZONO*. Obtenido de <http://www.aquaosmozone.com/ozono/pdf/doc3.pdf>

Arcos Pulido, M., Ávila, S., & Estupiñán , S. (12 de 12 de 2005). *Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua*. Obtenido de [http://www.unicolmayor.edu.co/invest\\_nova/NOVA/ARTREVIS2\\_4.pdf](http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/ARTREVIS2_4.pdf)

Arcos Pulido, M., & Ávila de Navia, S. L. (2005). *Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua*. Obtenido de División de Investigaciones, Universidad Colegio Mayor de



Cundinamarca:

[http://www.unicolmayor.edu.co/invest\\_nova/NOVA/ARTREVIS2\\_4.pdf](http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/ARTREVIS2_4.pdf)

Aznar Jiménez, A. (2000). *DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE CALIDAD DE LAS AGUAS*. Obtenido de <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>

Bauder, J., & Adam, W. (2012). *Nitrato y Nitrito*. Obtenido de [http://region8water.colostate.edu/PDFs/we\\_espanol/Nitrate%202012-11-15-SP.pdf](http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Nitrate%202012-11-15-SP.pdf)

Bauder, J., & Adam, W. (2012). *Nother Plains y Mountains*. Obtenido de [http://region8water.colostate.edu/PDFs/we\\_espanol/Copper\\_Lead%20%202012-3-5-SP.pdf](http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Copper_Lead%20%202012-3-5-SP.pdf)

Camacho, A., Giles, M., & Ortegón, A. (2009). *determinación de bacterias coliformes*. Obtenido de [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TecnicBasicas-Colif-tot-fecales-Ecoli-NMP\\_6529.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TecnicBasicas-Colif-tot-fecales-Ecoli-NMP_6529.pdf)

Camacho, A., Giles, M., & Ortegón, A. (2009). *Método para la determinación de bacterias coliformes, coliformes fecales y Escherichia coli por la técnica de diluciones en tubo múltiple (Número más Probable o NMP)*. Obtenido de Facultad de Química, UNAM. México: [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TecnicBasicas-Colif-tot-fecales-Ecoli-NMP\\_6529.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TecnicBasicas-Colif-tot-fecales-Ecoli-NMP_6529.pdf)

ESREY, S. Y.-P. (22 de marzo de 2015). *Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas*. Obtenido de Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd57/riesgo.pdf>

Farland, M., & Dozier, M. (s.f.). *instituto de recursos de agua de Texas*. Obtenido de <http://texaswater.tamu.edu/resources/factsheets/I5451sironandman.pdf>

FUNASA. (2013). *Manual Práctico de agua*. Obtenido de [http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files\\_mf/manualaguaespanholweb\\_2.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualaguaespanholweb_2.pdf)

Hidro Wate, S. (2014). *El Ozono en el tratamiento del agua*. Francia.

Hill, D. (2016, p.67). *Microbiology for*. Estados Unidos: AWWA.

INEN, N. (2013). *Métodos de Laboratorio*. Almagra: SND.



MEYRATH, W. y. (2005). *EL OZONO EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA*. Obtenido de Agua tratamientos. doc: <http://rilize.com/Tratamiento-agua-Ozono.pdf>

New Mexico Departament of Health. (Enero de 2007). *Sulfato en el Agua para Beber*. Obtenido de [https://www.env.nm.gov/dwb/contaminants/documents/Sulfate1\\_07spanishfinal.pdf](https://www.env.nm.gov/dwb/contaminants/documents/Sulfate1_07spanishfinal.pdf)

Obón de Castro, J. M. (2010). *Análisis microbiológico del agua*. Obtenido de Dpto. Ingeniería Química y Ambiental Universidad Politécnica de Cartagena: [http://www.upct.es/~minaees/analisis\\_microbiologico\\_aguas.pdf](http://www.upct.es/~minaees/analisis_microbiologico_aguas.pdf)

Pizzi, N. (2014). *American Water Works*. Pensilvania: AWWA.

RODRÍGUEZ, D. C. (2007). *POTABILIZACIÓN DEL AGUA*. Obtenido de Módulo IV: Abastecimientos y Saneamientos Urbanos: [http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:45471/componente45469.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45471/componente45469.pdf)

Swancarra, J. (01 de octubre de 2008). *El Uso Efectivo del Ozono*. Obtenido de [http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/Swancarra\\_V12N8.pdf](http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/Swancarra_V12N8.pdf)

Vidal, F. G. (14 de NOVIEMBRE de 2013). *INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO CON OZONO EN LOS PROCESOS DE POTABILIZACION DEL AGUA*. Obtenido de JORNADAS TECNICAS E CIENCIAS AMBIENTALES: [http://www.phoenixozono.com/assets/agua\\_franciscojavierrodriguezvidal\\_mod1.pdf](http://www.phoenixozono.com/assets/agua_franciscojavierrodriguezvidal_mod1.pdf)

Vilella, P. (02 de ENERO de 2010). *Ozosystems Corporation, S.L.* (Manresa, Editor) Obtenido de DESINFECCION CON OZONO: [http://www.ozosystems.com/files/3\\_5\\_fichero\\_1302597250.pdf](http://www.ozosystems.com/files/3_5_fichero_1302597250.pdf)

Woodhead, S. (21 de septiembre de 2008). *Desinfección y métodos de desinfección del agua*. Obtenido de Ingeniería de Tratamiento y Acondicionamiento de Aguas: <http://www.oocities.org/edrochac/sanitaria/desinfeccion5.pdf>



## ANEXOS

**ANEXO N°1: NOM-180-SSA1-1998. Agua para uso y consumo humano. Equipos de tratamiento de tipo doméstico.**

**NORMA Oficial Mexicana NOM-180-SSA1-1998, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Equipos de tratamiento de tipo doméstico. Requisitos sanitarios.**

### Clasificación

Los equipos de tratamiento de agua de tipo doméstico objeto de esta norma, se clasifican en la forma siguiente:

- Equipo dosificador de productos o sustancias, químicos bactericidas. El equipo que dosifica un bactericida (cloro, soluciones de cloro, bromo, yodo, u otro producto químico para matar o destruir las bacterias presentes en el agua) debe contar con un elemento posfiltrante para eliminar la concentración residual del bactericida.
- Filtro potabilizador tipo bacteriológico. El dispositivo equipado con una bujía de cerámica, cartucho de celulosa o fibras sintéticas y membrana submicrónica reemplazables (de porosidad fina de 0,5 micras o menores, nominal), la cual puede contener una sustancia o componente bactericida o bacteriostático; este dispositivo retiene, mata, destruye o inhibe las bacterias y retiene asimismo los sólidos suspendidos, presentes en el agua.





- Ozonificador. El dispositivo equipado con un generador de ozono para matar o destruir las bacterias presentes en el agua; debe contar con un elemento prefiltrante (porosidad no mayor de 5,0 micras), para retener los sólidos suspendidos.
- Purificador germicida de luz ultravioleta. El dispositivo para matar o destruir las bacterias presentes en el agua, equipado con una lámpara germicida de luz ultravioleta y que debe contar con un elemento prefiltrante (porosidad no mayor de 5,0 micras) para retener los sólidos suspendidos.
- Otros. Aquellos que la autoridad sanitaria competente determine que se trata de equipos de tratamiento de agua, de tipo doméstico, como se definen en esta Norma y no se contemplan en la clasificación.

## **METODO de prueba para evaluar la eficiencia EN REDUCCION BACTERIANA**

### **1. Introducción**

La eficiencia de un equipo en la reducción bacteriana, está dada por su capacidad para retener, destruir o matar la carga microbiana presente en el agua cuando existe alguna contaminación eventual. Esta eficiencia depende del diseño del equipo y el principio en que esté basada su actividad.



## 2. Objetivo

Demostrar si el equipo cumple con las propiedades que le son atribuidas por el fabricante, bajo las condiciones de operación descritas por el mismo.

## 3. Método

Se inocula una fuente de agua con un número conocido de colonias del microorganismo seleccionado para probar la eficiencia del equipo. Posteriormente, el agua se somete al proceso descrito en el Instructivo del equipo, proporcionado por el fabricante.

Se toman muestras del agua de prueba antes y después de haberse sometido al tratamiento, de acuerdo con la NOM-014-SSA1-1993. Se efectúan cuentas microbianas en dichas muestras para constatar que se redujo el número de gérmenes en el agua tratada.

## 12. Cálculos

Con los resultados de cuenta de organismos mesófilos aerobios y la concentración de organismos coliformes totales en agua de prueba sin tratar y tratada (media aritmética), calcular los porcentajes en la reducción bacteriana de acuerdo con las fórmulas especificadas en los puntos 12.1 y 12.2.

### 12.1 Porcentaje en reducción bacteriana de organismos mesófilos aerobios:

$$\% \text{ RBMA} = \frac{(\text{organismos mesófilos aerobios})_{\text{APST}} - (\text{organismos mesófilos aerobios})_{\text{APT}}}{(\text{organismos mesófilos aerobios})_{\text{APST}}} \times 100$$



En donde:

% RBMA.- Porcentaje en reducción bacteriana de organismos mesófilos aerobios.

(organismosmesófilos aerobios)APST.- Cuenta de organismos mesófilos aerobios en UFC/ml de agua de prueba sin tratar.

(organismosmesófilos aerobios)APT.- Cuenta de organismos mesófilos aerobios en UFC/ml de agua de prueba tratada.

## 12.2 Porcentaje en reducción bacteriana de organismos coliformes totales.

$$\% \text{ RBCT} = \frac{(\text{coliformes totales})_{APST} - (\text{coliformes totales})_{APT}}{(\text{coliformes totales})_{APST}} \times 100$$

En donde:

% RBCT. Porcentaje en reducción bacteriana de organismos coliformes totales.

(coliformes totales)<sub>APST</sub>.- Cuenta de organismos coliformes totales en NMP/100 ml o UFC/100 ml de agua de prueba sin tratar.

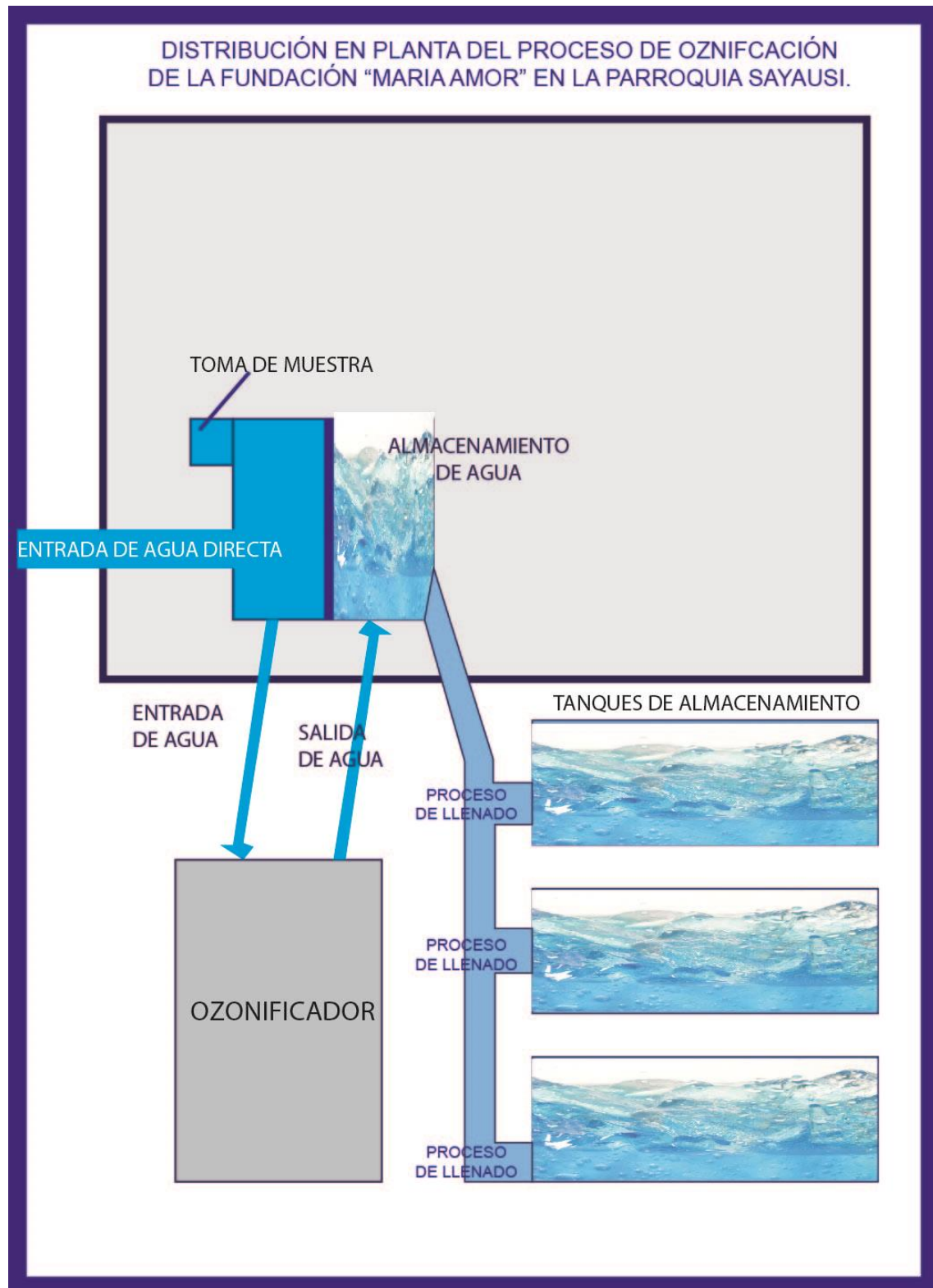
(coliformes totales)<sub>APT</sub>.- Cuenta de organismos coliformes totales en NMP/100 ml o UFC/100 ml de agua de prueba tratada.

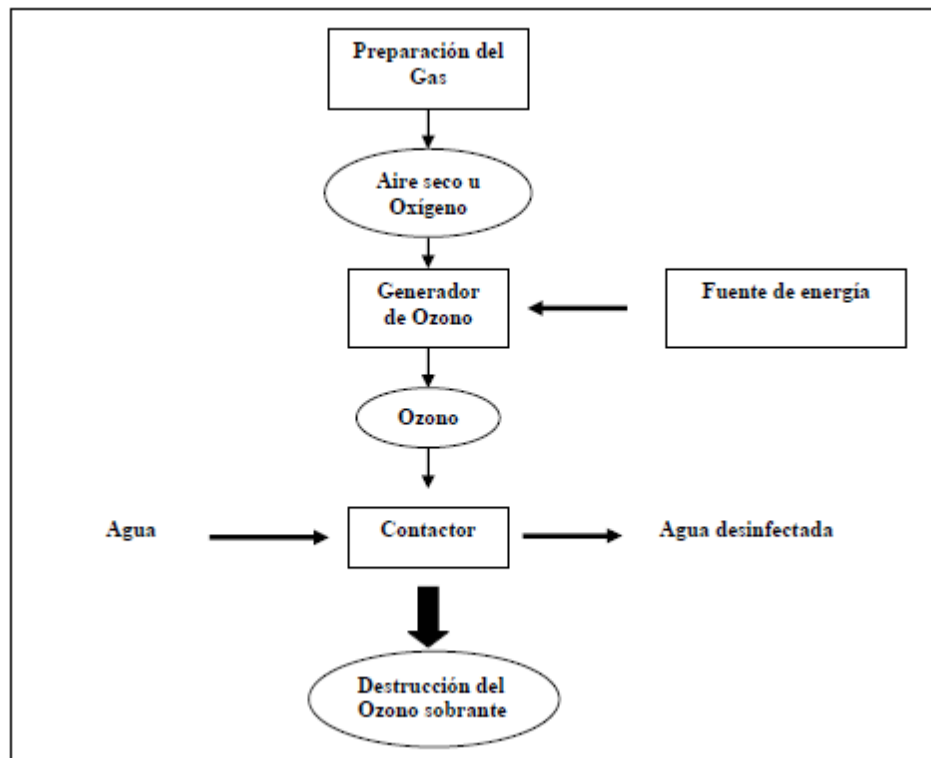
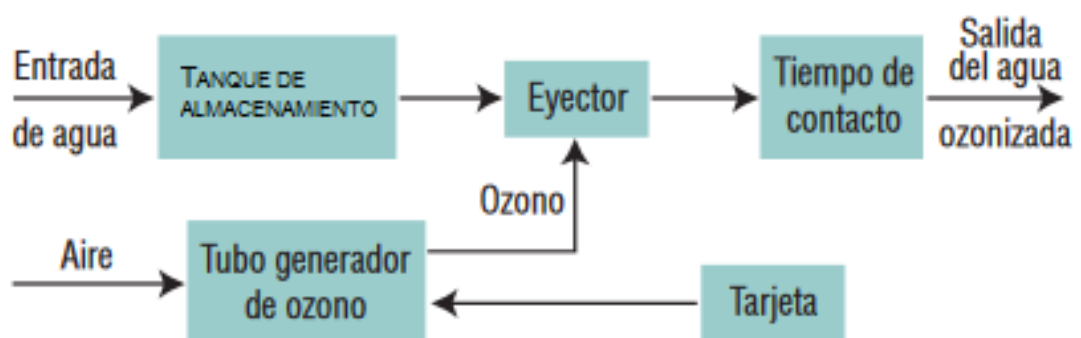


### **13. Reporte**

Prueba de potabilidad aceptable, si el porcentaje en reducción bacteriana es igual o mayor a 95% para organismos mesófilos aerobios e igual o mayor a 99,99% para organismos coliformes totales.

## ANEXO N°2: DISTRIBUCIÓN DEL OZONIFICADOR EN LA FUNDACIÓN “MARÍA AMOR”



**ANEXO Nº3: ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DEL OZONIFICADOR****Esquema general del equipo de ozonización**



## ANEXO N°6: GALERÍA FOTOGRÁFICA



***Laboratorio de la Universidad de Cuenca.***

***Fecha: 12/03/2016***

***Mayra, N & Tatiana P. (2016)***

---



***Laboratorio de la Universidad de Cuenca. Fecha: 12/03/2016***

***Mayra, N & Tatiana P. (2016)***

---





***Laboratorio de la Universidad de Cuenca.***

***Fecha: 12/03/2016***

***Mayra, N & Tatiana P. (2016)***

---

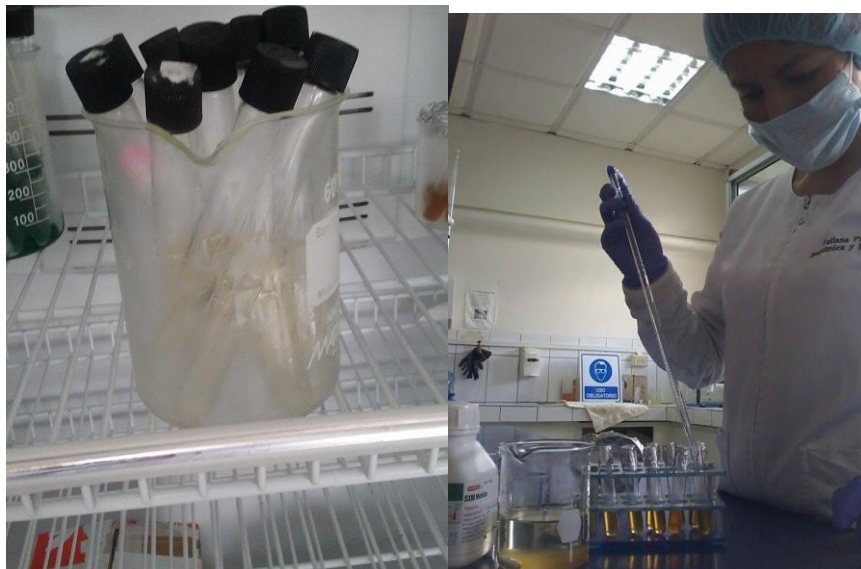


***Laboratorio de la Universidad de Cuenca.***

***Fecha: 12/03/2016***

***Mayra, N & Tatiana P. (2016)***

---



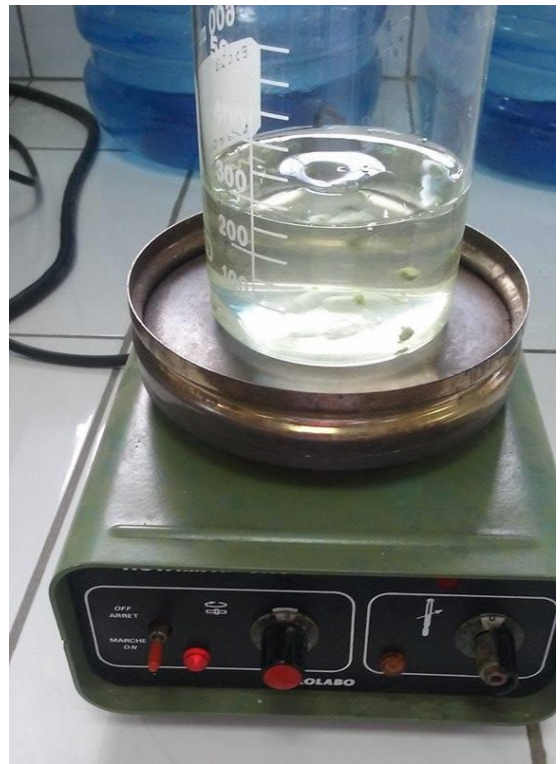
***Laboratorio de la Universidad de Cuenca.***

***Mayra, N & Tatiana P. (2016)***

---







**Laboratorio de la Universidad de Cuenca. Fecha: 12/05/2016**



---

**Mayra, N & Tatiana P. (2016)**

---



**Laboratorio de la Universidad de Cuenca.**

**Fecha: 12/05/2016**

---

**Mayra, N & Tatiana P. (2016)**

---



## ANEXOS N°5

SEMANA 1																	
Fecha		30/05/16 (1)				30/05/16 (2)				31/05/16 (1)				31/06/16 (2)			
ANTES																	
		CT 37°C		CF 44.5°C		CT 37°C		CF 44.5°C		CT 37°C		CF 44.5°C		CT 37°C		CF 44.5°C	
N°tubo	Dilu- ción	SL C	BG BL	BG BL	SIM	SL C	BG BL	BG BL	SIM	S L C	BG BL	BG BL	SIM	S L C	BG BL	BG BL	SIM
1	10 <sup>-1</sup>	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+
2	10 <sup>-1</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	10 <sup>-1</sup>	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
4	10 <sup>-1</sup>	+	+	-	-	+	+			+	+	-	-	+	+	+	+
5	10 <sup>-1</sup>	+	+	+	+					+	+	-	-	+	+	-	-
1	10 <sup>-2</sup>	-				+	+	+	+	-				-			
2	10 <sup>-2</sup>	-		-		+	+	+	+	-				+	+	+	+
3	10 <sup>-2</sup>	-		-		+	+			-				+	+	-	-
4	10 <sup>-2</sup>	-		-		-				-				-			
5	10 <sup>-2</sup>	-		-		+	+	-	-	-				-			
1	10 <sup>-3</sup>	-		-		+	+	-	-	-				-			
2	10 <sup>-3</sup>	-		-		+	+	-	-	-				-			
3	10 <sup>-3</sup>	-		-		-				-				-			
4	10 <sup>-3</sup>	-		-		-				-				-			
5	10 <sup>-3</sup>	-		-		-				-				-			
DESPUÉS																	
1	10 <sup>-1</sup>	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-
2	10 <sup>-1</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	10 <sup>-1</sup>	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-
4	10 <sup>-1</sup>	-		-	-					+	+	-	-				
5	10 <sup>-1</sup>	-		-	-							-					
1	10 <sup>-2</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	10 <sup>-2</sup>	-		-		+	+	+	+	-				+	-	-	-
3	10 <sup>-2</sup>	+	+	-		-				-				+	-	-	-
4	10 <sup>-2</sup>	-		-		-				-				-			
5	10 <sup>-2</sup>	-		-		-				-				-			
1	10 <sup>-3</sup>	-		-		+	+	-	-	-				-			
2	10 <sup>-3</sup>	-		-		-				-				-			
3	10 <sup>-3</sup>	-		-		-				-				-			
4	10 <sup>-3</sup>	-		-		-				-				-			
5	10 <sup>-3</sup>	-		-		-				-				-			



SEMANA 1																	
Fecha		01/06/16 (1)				01/06/16 (2)				02/06/16 (1)				02/06/16 (2)			
ANTES																	
		CT 37°C		CF 44.5°C		CT 37°C		CF 44.5°C		CT 37°C		CF 44.5°C		CT 37°C		CF 44.5°C	
N°tubo	Dilu- ción	SL C	BG BL	BG BL	SIM	SL C	BG BL	BG BL	SIM	S L C	BG BL	BG BL	SIM	S L C	BG BL	BG BL	SIM
1	10 <sup>-1</sup>	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+
2	10 <sup>-1</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	10 <sup>-1</sup>	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-
4	10 <sup>-1</sup>	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-
5	10 <sup>-1</sup>	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-
1	10 <sup>-2</sup>	-				-				-				-			
2	10 <sup>-2</sup>	-				-				-				+	+	+	+
3	10 <sup>-2</sup>	-				+	+	+	+	-				+	+	+	+
4	10 <sup>-2</sup>	-				-				-				-			
5	10 <sup>-2</sup>	-				-				-				-			
1	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
2	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
3	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
4	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
5	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
DESPUÉS																	
1	10 <sup>-1</sup>	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+
2	10 <sup>-1</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	10 <sup>-1</sup>	-	-			+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-
4	10 <sup>-1</sup>	-								-				-			
5	10 <sup>-1</sup>	-								-				+	+	-	-
1	10 <sup>-2</sup>	-				+	+	-	-	-				-			
2	10 <sup>-2</sup>	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-
3	10 <sup>-2</sup>	+	+	-	-	-				-	-			-			
4	10 <sup>-2</sup>	-				-				-				-			
5	10 <sup>-2</sup>	-				-				+	+	-	-	-			
1	10 <sup>-3</sup>	-				+	+	-	-	-				-			
2	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
3	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
4	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
5	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			



SEMANA 2																	
Fecha		06/06/16 (1)				06/06/16 (2)				07/06/16 (1)				07/06/16 (2)			
ANTES																	
		CT 37°C		CF 44.5°C		CT 37°C		CF 44.5°C		CT 37°C		CF 44.5°C		CT 37°C		CF 44.5°C	
N°tubo	Dilu- ción	SL C	BG BL	BG BL	SIM	SL C	BG BL	BG BL	SIM	S L C	BG BL	BG BL	SIM	S L C	BG BL	BG BL	SIM
1	10 <sup>-1</sup>	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	10 <sup>-1</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	10 <sup>-1</sup>	-				+	+	-	-	-				+	+	-	-
4	10 <sup>-1</sup>	-				+	+	-	-	-				+	+	-	-
5	10 <sup>-1</sup>	-				-		-	-	-				+	+	-	-
1	10 <sup>-2</sup>	-				-				-				-			
2	10 <sup>-2</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-			
3	10 <sup>-2</sup>	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-			
4	10 <sup>-2</sup>	-				-				-				-			
5	10 <sup>-2</sup>	-				-				-				-			
1	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
2	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
3	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				+	+	+	+
4	10 <sup>-3</sup>	-				+	+			-				+	+	+	+
5	10 <sup>-3</sup>	-				+	+			-				-			
DESPUÉS																	
1	10 <sup>-1</sup>	+	+	+	+	+	+	-	-	-		-	-	+	+	+	+
2	10 <sup>-1</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	10 <sup>-1</sup>	-				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
4	10 <sup>-1</sup>	-				-				-				+	+	-	-
5	10 <sup>-1</sup>	-				-				-				+	+	-	-
1	10 <sup>-2</sup>	-				+	+	-	-	-				-			
2	10 <sup>-2</sup>	-				+	+	-	-	-				-			
3	10 <sup>-2</sup>	-				-				-				-			
4	10 <sup>-2</sup>	-				-				-				-			
5	10 <sup>-2</sup>	-				-				-				-			
1	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
2	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
3	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
4	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
5	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			





SEMANA 2																	
Fecha		0806/16 (1)				08/06/16 (2)				09/06/16 (1)				09/06/16 (2)			
ANTES																	
		CT 37°C		CF 44.5°C		CT 37°C		CF 44.5°C		CT 37°C		CF 44.5°C		CT 37°C		CF 44.5°C	
N°tubo	Dilu- ción	SL C	BG BL	BG BL	SIM	SL C	BG BL	BG BL	SIM	S L C	BG BL	BG BL	SIM	S L C	BG BL	BG BL	SIM
1	10 <sup>-1</sup>	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+
2	10 <sup>-1</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	10 <sup>-1</sup>	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-
4	10 <sup>-1</sup>	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-
5	10 <sup>-1</sup>	+	+	-	-	+	+	+	+	-				+	+	-	-
1	10 <sup>-2</sup>	-				-				-				-			
2	10 <sup>-2</sup>	-				-				-				-			
3	10 <sup>-2</sup>	-				-				+	+	-	-	-			
4	10 <sup>-2</sup>	-				-				+	+	-	-	-			
5	10 <sup>-2</sup>	-				-				-				-			
1	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
2	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
3	10 <sup>-3</sup>	+	+	-	-	-				-				-			
4	10 <sup>-3</sup>	+	+	-	-	-				+	+	-	-	-			
5	10 <sup>-3</sup>	-				-				+	+	-	-	-			
DESPUÉS																	
1	10 <sup>-1</sup>	+	+	+	+	-				+	+	-	-	+	+	+	+
2	10 <sup>-1</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	10 <sup>-1</sup>	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
4	10 <sup>-1</sup>	+	+	-	-	-				-				-			
5	10 <sup>-1</sup>	-				-				-				-			
1	10 <sup>-2</sup>	-				+	+	-	-	+	+	-	-	-			
2	10 <sup>-2</sup>	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-			
3	10 <sup>-2</sup>	-				-				+	+	-	-	-			
4	10 <sup>-2</sup>	-				-				-				-			
5	10 <sup>-2</sup>	-				-				-				-			
1	10 <sup>-3</sup>	-				-		-	-	+	+	-	-	-			
2	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
3	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
4	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				+	+	-	-
5	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			



SEMANA 3																	
Fecha		13/06/16 (1)				13/06/16 (2)				14/06/16 (1)				14/06/16 (2)			
ANTES																	
		CT 37°C		CF 44.5°C		CT 37°C		CF 44.5°C		CT 37°C		CF 44.5°C		CT 37°C		CF 44.5°C	
N°tubo	Dilu- ción	SL C	BG BL	BG BL	SIM	SL C	BG BL	BG BL	SIM	S L C	BG BL	BG BL	SIM	S L C	BG BL	BG BL	SIM
1	10 <sup>-1</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	10 <sup>-1</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	10 <sup>-1</sup>	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-
4	10 <sup>-1</sup>	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-
5	10 <sup>-1</sup>	+	+	-	-	+	+	-	-	-				+	+	-	-
1	10 <sup>-2</sup>	-				-				+	+	+	+	-			
2	10 <sup>-2</sup>	-				-				+	+	+	+	-			
3	10 <sup>-2</sup>	-				-				+	+	-	-	-			
4	10 <sup>-2</sup>	-				-				+	+	-	-	-			
5	10 <sup>-2</sup>	-				-				-				-			
1	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
2	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
3	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
4	10 <sup>-3</sup>	-				+	+	+	+	+	+	-	-	-			
5	10 <sup>-3</sup>	-				+	+	+	+	+	+	-	-	-			
DESPUÉS																	
1	10 <sup>-1</sup>	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+
2	10 <sup>-1</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	10 <sup>-1</sup>	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
4	10 <sup>-1</sup>	-				-				-				+	+	-	-
5	10 <sup>-1</sup>	-				-				-				-			
1	10 <sup>-2</sup>	-				+	+	-	-	-				-			
2	10 <sup>-2</sup>	-				+	+	-	-	+	+	-	-	-			
3	10 <sup>-2</sup>	-				+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-
4	10 <sup>-2</sup>	-				-				-				-			
5	10 <sup>-2</sup>					-				-				-			
1	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
2	10 <sup>-3</sup>	+	+	-	-	-				-				-			
3	10 <sup>-3</sup>	-				+	+	-	-	-				-			
4	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
5	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			



SEMANA 3																	
Fecha		15/06/16 (1)				15/06/16 (2)				16/06/16 (1)				16/06/16 (2)			
ANTES																	
		CT 37°C		CF 44.5°C		CT 37°C		CF 44.5°C		CT 37°C		CF 44.5°C		CT 37°C		CF 44.5°C	
Nºtubo	Dilu- ción	SL C	BG BL	BG BL	SIM	SL C	BG BL	BG BL	SIM	S L C	BG BL	BG BL	SIM	S L C	BG BL	BG BL	SIM
1	10 <sup>-1</sup>	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	10 <sup>-1</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	10 <sup>-1</sup>	+	+	-	-	+	+	-	-	-				+	+	+	+
4	10 <sup>-1</sup>	+	+	-	-	-				-				+	+	-	-
5	10 <sup>-1</sup>	+	+	+	+	-				-				-			
1	10 <sup>-2</sup>	-				-				-				-			
2	10 <sup>-2</sup>	-				+	+	-	-	+	+	+	+	-			
3	10 <sup>-2</sup>	-				+	+	-	-	+	+	+	+	-			
4	10 <sup>-2</sup>	-				+	+	-	-	-				-			
5	10 <sup>-2</sup>	-				+	+	-	-	-				-			
1	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
2	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
3	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
4	10 <sup>-3</sup>	-				+	+	-	-	-				+	+	+	+
5	10 <sup>-3</sup>	-				+	+	-	-	-				-			
DESPUÉS																	
1	10 <sup>-1</sup>	+	+	+	+	+	+	-	-	-		-	-	+	+	+	+
2	10 <sup>-1</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	10 <sup>-1</sup>	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-			
4	10 <sup>-1</sup>	+	+	-	-	-				-				-			
5	10 <sup>-1</sup>	-				-				-				-			
1	10 <sup>-2</sup>	+	+	-	-	-				-				-			
2	10 <sup>-2</sup>	-				-				-				-			
3	10 <sup>-2</sup>	-				-				-				-			
4	10 <sup>-2</sup>	-				-				-				+	+	-	-
5	10 <sup>-2</sup>	-				-				-				-			
1	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
2	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
3	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
4	10 <sup>-3</sup>	-				+	+	-	-	-				-			
5	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				+	+	-	-



SEMANA 4																	
Fecha		20/06/16 (1)				20/06/16 (2)				21/06/16 (1)				21/06/16 (2)			
ANTES																	
		CT 37°C		CF 44.5°C		CT 37°C		CF 44.5°C		CT 37°C		CF 44.5°C		CT 37°C		CF 44.5°C	
Nºtubo	Dilu- ción	SL C	BG BL	BG BL	SIM	SL C	BG BL	BG BL	SIM	S L C	BG BL	BG BL	SIM	S L C	BG BL	BG BL	SIM
1	10 <sup>-1</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	10 <sup>-1</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	10 <sup>-1</sup>	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-
4	10 <sup>-1</sup>	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-
5	10 <sup>-1</sup>	-				-		-	-	+	+	-	-	+	+	+	+
1	10 <sup>-2</sup>	-				-				-				-			
2	10 <sup>-2</sup>	+	+	+	+	+	+	-	-	-				-			
3	10 <sup>-2</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	-				-			
4	10 <sup>-2</sup>	-				+	+	+	+	-				-			
5	10 <sup>-2</sup>	-				-				-				-			
1	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
2	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
3	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
4	10 <sup>-3</sup>	-				+	+	-	-	-				+	+	+	+
5	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
DESPUÉS																	
1	10 <sup>-1</sup>	+	+	+	+	+	+	-	-	-		-	-	+	+	+	+
2	10 <sup>-1</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	10 <sup>-1</sup>	-				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
4	10 <sup>-1</sup>	-				-				+	+	-	-	+	+	-	-
5	10 <sup>-1</sup>	-				-				+	+	-	-	-			
1	10 <sup>-2</sup>	-				+	+	-	-	-				-			
2	10 <sup>-2</sup>	+	+	-	-	+	+	-	-	-				-			
3	10 <sup>-2</sup>	+	+	-	-	-				-				+	+	-	-
4	10 <sup>-2</sup>	-				-				-				-			
5	10 <sup>-2</sup>	-				-				-				-			
1	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
2	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
3	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
4	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
5	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			



SEMANA 4																	
Fecha		22/06/16 (1)				22/06/16 (2)				23/06/16 (1)				23/06/16 (2)			
ANTES																	
		CT 37°C		CF 44.5°C		CT 37°C		CF 44.5°C		CT 37°C		CF 44.5°C		CT 37°C		CF 44.5°C	
N°tubo	Dilu- ción	SL C	BG BL	BG BL	SIM	SL C	BG BL	BG BL	SIM	S L C	BG BL	BG BL	SIM	S L C	BG BL	BG BL	SIM
1	10 <sup>-1</sup>	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	10 <sup>-1</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	10 <sup>-1</sup>	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-
4	10 <sup>-1</sup>	+	+	-	-	-		-	-	+	+	-	-	+	+	-	-
5	10 <sup>-1</sup>	-				-		-	-	+	+	-	-	-			
1	10 <sup>-2</sup>	-				-				-				-			
2	10 <sup>-2</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	-				-			
3	10 <sup>-2</sup>	+	+	-	-	+	+	+	+	-				+	+	-	-
4	10 <sup>-2</sup>	-				-				-				-			
5	10 <sup>-2</sup>	-				-				-				-			
1	10 <sup>-3</sup>	-				-				+	+	-	-	-			
2	10 <sup>-3</sup>	-				-				+	+	-	-	-			
3	10 <sup>-3</sup>	+	+	-	-	-				-				-			
4	10 <sup>-3</sup>	+	+	-	-					-				-			
5	10 <sup>-3</sup>	-								-				-			
DESPUÉS																	
1	10 <sup>-1</sup>	+	+	+	+	-	-	-	-	-				+	+	+	+
2	10 <sup>-1</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	10 <sup>-1</sup>	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
4	10 <sup>-1</sup>	-				-				+	+			-			
5	10 <sup>-1</sup>	-				-				+	+			-			
1	10 <sup>-2</sup>	+	+	-	-	+	+	-	-	-				-			
2	10 <sup>-2</sup>	+	+	-	-	+	+	-	-	-				-			
3	10 <sup>-2</sup>	+	+	-	-	-				+	+	-	-	-			
4	10 <sup>-2</sup>	-				-				+	+	-	-	-			
5	10 <sup>-2</sup>	-				-				-				-			
1	10 <sup>-3</sup>	+	+	-	-	-				-				+	+	-	-
2	10 <sup>-3</sup>	-				-				+	+	-	-	-			
3	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
4	10 <sup>-3</sup>	-				-				-				-			
5	10 <sup>-3</sup>	-				-				+	+	-	-	-			



## ANEXO N° 6

## INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

## Semana #1

Nro.	Fecha	Muestra	Coliformes totales		Coliformes fecales	
			código	NMP/ ml	código	NMP/ ml
1	30/05/2016	Agua de entrada	500	23	110	4
2	30/05/2016	Agua de salida	320	14	110	4
3	30/05/2016	Agua de entrada	442	40	220	9
4	30/05/2016	Agua de salida	321	17	220	9
5	31/05/2016	Agua de entrada	500	23	200	4
6	31/05/2016	Agua de salida	410	17	110	4
7	31/05/2016	Agua de entrada	501	30	300	8
8	31/05/2016	Agua de salida	330	17	110	4
9	01/06/2016	Agua de entrada	500	23	200	4
10	01/06/2016	Agua de salida	220	9	200	4
11	01/06/2016	Agua de entrada	510	30	110	4
12	01/06/2016	Agua de salida	321	17	200	4
13	02/06/2016	Agua de entrada	500	23	200	4
14	02/06/2016	Agua de salida	410	17	200	4
15	02/06/2016	Agua de entrada	502	40	220	9
16	02/06/2016	Agua de salida	410	17	200	4

## Semana #2

Nro.	Fecha	Muestra	Coliformes totales		Coliformes fecales	
			código	NMP/ ml	código	NMP/ ml
17	06/06/2016	Agua de entrada	220	9	110	4
18	06/06/2016	Agua de salida	200	4	200	4
19	06/06/2016	Agua de entrada	422	29	220	9
20	06/06/2016	Agua de salida	320	14	200	4
21	07/06/2016	Agua de entrada	220	9	200	4
22	07/06/2016	Agua de salida	200	4	200	4
23	07/06/2016	Agua de entrada	502	40	200	9
24	07/06/2016	Agua de salida	500	23	200	4
25	08/06/2016	Agua de entrada	502	40	200	4
26	08/06/2016	Agua de salida	410	17	200	4
27	08/06/2016	Agua de entrada	500	23	200	4
28	08/06/2016	Agua de salida	220	9	200	4
29	09/06/2016	Agua de entrada	422	29	200	4
30	09/06/2016	Agua de salida	331	20	200	4
31	09/06/2016	Agua de entrada	500	23	200	4
32	09/06/2016	Agua de salida	301	11	200	4



## Semana #3

Nro.	Fecha	Muestra	<i>Coliformes totales</i>		<i>Coliformes fecales</i>	
			código	NMP/ ml	código	NMP/ ml
33	13/06/2016	Agua de entrada	500	23	300	8
34	13/06/2016	Agua de salida	301	11	200	4
35	13/06/2016	Agua de entrada	502	40	220	9
36	13/06/2016	Agua de salida	331	20	200	4
37	14/06/2016	Agua de entrada	442	40	220	9
38	14/06/2016	Agua de salida	320	14	200	4
39	14/06/2016	Agua de entrada	500	23	200	4
40	14/06/2016	Agua de salida	410	17	200	4
41	15/06/2016	Agua de entrada	500	23	200	4
42	15/06/2016	Agua de salida	410	17	200	4
43	15/06/2016	Agua de entrada	340	20	200	4
44	15/06/2016	Agua de salida	301	11	200	4
45	16/06/2016	Agua de entrada	220	9	220	9
46	16/06/2016	Agua de salida	200	4	200	4
47	16/06/2016	Agua de entrada	401	17	220	9
48	16/06/2016	Agua de salida	211	9	200	4

## Semana #4

Nro.	Fecha	Muestra	<i>Coliformes totales</i>		<i>Coliformes fecales</i>	
			código	NMP/ ml	código	NMP/ ml
49	20/06/2016	Agua de entrada	420	22	220	9
50	20/06/2016	Agua de salida	220	9	200	4
51	20/06/2016	Agua de entrada	431	33	220	9
52	20/06/2016	Agua de salida	320	14	200	4
53	21/06/2016	Agua de entrada	500	23	200	4
54	21/06/2016	Agua de salida	400	13	200	4
55	21/06/2016	Agua de entrada	501	30	300	4
56	21/06/2016	Agua de salida	410	17	200	4
57	22/06/2016	Agua de entrada	422	29	110	4
58	22/06/2016	Agua de salida	331	20	200	4
59	22/06/2016	Agua de entrada	320	14	220	9
60	22/06/2016	Agua de salida	220	9	200	4
61	23/06/2016	Agua de entrada	502	40	200	4
62	23/06/2016	Agua de salida	422	29	200	4
63	23/06/2016	Agua de entrada	410	17	200	4
64	23/06/2016	Agua de salida	301	11	200	4